(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6445471号
(P6445471)
(45)発行日　平成30年12月26日(2018.12.26)　(24)登録日　平成30年12月7日(2018.12.7)

(51)Int.Cl.　　F I
H04B 7/0413 (2017.01)　H04B 7/0413 310
H04B 7/0417 (2017.01)　H04B 7/0417 120
H04B 7/0456 (2017.01)　H04B 7/0456 110

請求項の数 13　(全 80 頁)

(21)出願番号　特願2015-562911(P2015-562911)
(86)(22)出願日　平成26年3月11日(2014.3.11)
(65)公表番号　特表2016-516339(P2016-516339A)
(43)公表日　平成28年6月2日(2016.6.2)
(86)国際出願番号　PCT/KR2014/002003
(87)国際公開番号　WO2014/142516
(87)国際公開日　平成26年9月18日(2014.9.18)
審査請求日　平成29年3月1日(2017.3.1)
(31)優先権主張番号　61/776,720
(32)優先日　平成25年3月11日(2013.3.11)
(33)優先権主張国　米国(US)
(31)優先権主張番号　61/808,191
(32)優先日　平成25年4月3日(2013.4.3)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　502032105
エルジー　エレクトロニクス　インコーポレイティド
大韓民国ソウル、ヨンドゥンポーク，ヨイーデロ、１２８
(74)代理人　100078282
弁理士　山本　秀策
(74)代理人　100113413
弁理士　森下　夏樹
(72)発明者　コ，　ヒュンソ
大韓民国　１３７－８９３　ソウル，　ソチョーグ，　ヤンジェーデロ，　１１キル，　１９

最終頁に続く

(54)【発明の名称】無線通信システムにおいてチャネル状態情報報告方法及び装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
無線通信システムにおいてＵＥ（Ｕｓｅｒ　Ｅｑｕｉｐｍｅｎｔ）によってチャネル状態情報（ＣＳＩ）を報告する方法であって、前記方法は、
ＢＳ（Ｂａｓｅ　Ｓｔａｔｉｏｎ）から参照信号を受信することと、
前記参照信号を用いて生成された前記ＣＳＩを前記ＢＳに報告することと
を含み、
前記ＣＳＩは、２Ｄアンテナ構造の第１ドメインに対する第１プリコーディング行列を指示する一つ以上の第１ドメインプリコーディング行列指示子（ＰＭＩ）、及び前記２Ｄアンテナ構造の第２ドメインに対する第２プリコーディング行列を指示する複数の第２ドメインＰＭＩを含み、
前記複数の第２ドメインＰＭＩは、第２ドメインＰＭＩ＿１及び第２ドメインＰＭＩ＿２を含み、
前記第２プリコーディング行列は、前記第２ドメインＰＭＩ＿１及び前記第２ドメインＰＭＩ＿２の組合せによって指示され、
前記一つ以上の第１ドメインＰＭＩは、前記複数の第２ドメインＰＭＩのうちの少なくとも一つの第２ドメインＰＭＩの報告周期よりも短い報告周期を有する、方法。
【請求項２】
前記第２ドメインＰＭＩ＿１と前記第２ドメインＰＭＩ＿２とが異なる時点で報告される、請求項１に記載の方法。

【請求項３】
前記第２ドメインＰＭＩ＿２は、前記第２ドメインＰＭＩ＿１の報告周期よりも短い報告周期を有する、請求項１に記載の方法。
【請求項４】
前記第１プリコーディング行列は、一つの第１ドメインＰＭＩによって指示される、請求項１に記載の方法。
【請求項５】
前記第２ドメインＰＭＩ＿２は、前記一つの第１ドメインＰＭＩの報告周期よりも短い報告周期を有する、請求項４に記載の方法。
【請求項６】
前記第２ドメインＰＭＩ＿２は、前記一つの第１ドメインＰＭＩと同時に報告される、請求項４に記載の方法。
【請求項７】
前記一つ以上の第１ドメインＰＭＩは、第１ドメインＰＭＩ＿１及び第１ドメインＰＭＩ＿２を含み、
前記第１プリコーディング行列は、第１ドメインＰＭＩ＿１及び第１ドメインＰＭＩ＿２の組合せによって指示される、請求項１に記載の方法。
【請求項８】
前記第２ドメインＰＭＩ＿２と前記第１ドメインＰＭＩ＿１とが同時に報告される、請求項７に記載の方法。
【請求項９】
前記第１プリコーディング行列及び前記第２プリコーディング行列の組合せによって、前記２Ｄアンテナ構造に対して前記ＵＥの好むプリコーディング行列が決定される、請求項１に記載の方法。
【請求項１０】
前記第１ドメインは、水平ドメインであり、
前記第２ドメインは、垂直ドメインである、請求項１に記載の方法。
【請求項１１】
無線通信システムにおいてＢＳ（Ｂａｓｅ　Ｓｔａｔｉｏｎ）によってチャネル状態情報（ＣＳＩ）を受信する方法であって、前記方法は、
ＵＥ（Ｕｓｅｒ　Ｅｑｕｉｐｍｅｎｔ）に参照信号を送信することと、
前記参照信号を用いて前記ＵＥによって生成された前記ＣＳＩを、前記ＵＥから受信することと
を含み、
前記ＣＳＩは、２Ｄアンテナ構造の第１ドメインに対する第１プリコーディング行列を指示する一つ以上の第１ドメインプリコーディング行列指示子（ＰＭＩ）、及び前記２Ｄアンテナ構造の第２ドメインに対する第２プリコーディング行列を指示する複数の第２ドメインＰＭＩを含み、
前記複数の第２ドメインＰＭＩは、第２ドメインＰＭＩ＿１及び第２ドメインＰＭＩ＿２を含み、
前記第２プリコーディング行列は、前記第２ドメインＰＭＩ＿１及び前記第２ドメインＰＭＩ＿２の組合せによって指示され、
前記一つ以上の第１ドメインＰＭＩは、前記複数の第２ドメインＰＭＩのうちの少なくとも一つの第２ドメインＰＭＩの報告周期よりも短い報告周期を有する、方法。
【請求項１２】
無線通信システムにおいてチャネル状態情報（ＣＳＩ）を報告するＵＥ（Ｕｓｅｒ　Ｅｑｕｉｐｍｅｎｔ）であって、前記ＵＥは、
送信器と、
受信器と、
プロセッサと

を備え、
前記プロセッサは、
前記受信器を制御することにより、ＢＳ（Ｂａｓｅ　Ｓｔａｔｉｏｎ）から参照信号を受信することと、
前記送信器を制御することにより、前記参照信号を用いて生成された前記ＣＳＩを前記ＢＳに報告することと
を実行するように構成され、
前記ＣＳＩは、２Ｄアンテナ構造の第１ドメインに対する第１プリコーディング行列を指示する一つ以上の第１ドメインプリコーディング行列指示子（ＰＭＩ）、及び前記２Ｄアンテナ構造の第２ドメインに対する第２プリコーディング行列を指示する複数の第２ドメインＰＭＩを含み、
前記複数の第２ドメインＰＭＩは、第２ドメインＰＭＩ＿１及び第２ドメインＰＭＩ＿２を含み、
前記第２プリコーディング行列は、前記第２ドメインＰＭＩ＿１及び前記第２ドメインＰＭＩ＿２の組合せによって指示され、
前記一つ以上の第１ドメインＰＭＩは、前記複数の第２ドメインＰＭＩのうちの少なくとも一つの第２ドメインＰＭＩの報告周期よりも短い報告周期を有する、ＵＥ。
【請求項１３】
無線通信システムにおいてチャネル状態情報（ＣＳＩ）を受信するＢＳ（Ｂａｓｅ　Ｓｔａｔｉｏｎ）であって、前記ＢＳは、
送信器と、
受信器と、
プロセッサと
を備え、
前記プロセッサは、
前記送信器を制御することにより、ＵＥ（Ｕｓｅｒ　Ｅｑｕｉｐｍｅｎｔ）に参照信号を送信することと、
前記受信器を制御することにより、前記参照信号を用いて前記ＵＥによって生成された前記ＣＳＩを、前記ＵＥから受信することと
を実行するように構成され、
前記ＣＳＩは、２Ｄアンテナ構造の第１ドメインに対する第１プリコーディング行列を指示する一つ以上の第１ドメインプリコーディング行列指示子（ＰＭＩ）、及び前記２Ｄアンテナ構造の第２ドメインに対する第２プリコーディング行列を指示する複数の第２ドメインＰＭＩを含み、
前記複数の第２ドメインＰＭＩは、第２ドメインＰＭＩ＿１及び第２ドメインＰＭＩ＿２を含み、
前記第２プリコーディング行列は、前記第２ドメインＰＭＩ＿１及び前記第２ドメインＰＭＩ＿２の組合せによって指示され、
前記一つ以上の第１ドメインＰＭＩは、前記複数の第２ドメインＰＭＩのうちの少なくとも一つの第２ドメインＰＭＩの報告周期よりも短い報告周期を有する、ＢＳ。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
以下の説明は、無線通信システムに関し、特に、チャネル状態情報を報告する方法及び装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
多重入出力（Ｍｕｌｔｉ－Ｉｎｐｕｔ　Ｍｕｌｔｉ－Ｏｕｔｐｕｔ；ＭＩＭＯ）技術は、単一の送信アンテナと単一の受信アンテナを用いることから脱皮し、複数の送信アンテ

ナと複数の受信アンテナを用いてデータの送受信効率を向上させる技術である。受信端は、単一のアンテナを用いる場合には単一のアンテナ経路（ｐａｔｈ）を通してデータを受信するが、複数のアンテナを用いる場合には複数の経路を通してデータを受信する。したがって、データの送信速度と送信量を向上させることができ、カバレッジ（ｃｏｖｅｒａｇｅ）を増大させることができる。

【０００３】

ＭＩＭＯ動作の多重化利得を高めるために、ＭＩＭＯ受信端からチャネル状態情報（Ｃｈａｎｎｅｌ　Ｓｔａｔｕｓ　Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ；ＣＳＩ）のフィードバックを受けてＭＩＭＯ送信端で用いることができる。受信端では、送信端からの所定の参照信号（Ｒｅｆｅｒｅｎｃｅ　Ｓｉｇｎａｌ；ＲＳ）を用いてチャネル測定を行うことによってＣＳＩを決定することができる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

本発明では、２－次元アンテナ構造を正確且つ効率的に支援するためのＣＳＩ生成及び報告方案などを提供することを技術的課題とする。

【０００５】

本発明で達成しようとする技術的課題は、上記の技術的課題に制限されず、言及していない他の技術的課題は、以下の記載から、本発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者に明確に理解されるであろう。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

上記の技術的課題を解決するために、本発明の一実施例に係る無線通信システムの端末でチャネル状態情報（ＣＳＩ）を報告する方法は、基地局から参照信号を受信するステップと、前記参照信号を用いて生成された前記ＣＳＩを前記基地局に報告するステップとを有することができる。前記ＣＳＩは、２－次元アンテナ構造における第１ドメインに対する第１プリコーディング行列を指示する一つ以上の第１ドメインプリコーディング行列指示子（ＰＭＩ）、及び前記２－次元アンテナ構造における第２ドメインに対する第２プリコーディング行列を指示する一つ以上の第２ドメインＰＭＩを含むことができる。前記一つ以上の第１ドメインＰＭＩの報告周期は、前記一つ以上の第２ドメインＰＭＩの報告周期に比べて短くてもよい。

【０００７】

上記の技術的課題を解決するために、本発明の他の実施例に係る無線通信システムの基地局でチャネル状態情報（ＣＳＩ）を受信する方法は、端末に参照信号を送信するステップと、前記参照信号を用いて前記端末で生成されたＣＳＩを、前記端末から受信するステップとを有することができる。前記ＣＳＩは、２－次元アンテナ構造における第１ドメインに対する第１プリコーディング行列を指示する一つ以上の第１ドメインプリコーディング行列指示子（ＰＭＩ）、及び前記２－次元アンテナ構造における第２ドメインに対する第２プリコーディング行列を指示する一つ以上の第２ドメインＰＭＩを含むことができる。前記一つ以上の第１ドメインＰＭＩの報告周期は、前記一つ以上の第２ドメインＰＭＩの報告周期に比べて短くてもよい。

【０００８】

上記の技術的課題を解決するために、本発明の更に他の実施例に係る無線通信システムにおいてチャネル状態情報（ＣＳＩ）を報告する端末装置は、送信器と、受信器と、プロセッサとを備えることができる。前記プロセッサは、前記受信器を制御して基地局から参照信号を受信し、前記参照信号を用いて生成された前記ＣＳＩを、前記送信器を制御して前記基地局に報告するように構成されてもよい。前記ＣＳＩは、２－次元アンテナ構造における第１ドメインに対する第１プリコーディング行列を指示する一つ以上の第１ドメインプリコーディング行列指示子（ＰＭＩ）、及び前記２－次元アンテナ構造における第２ドメインに対する第２プリコーディング行列を指示する一つ以上の第２ドメインＰＭＩを

含むことができる。前記一つ以上の第１ドメインＰＭＩの報告周期は、前記一つ以上の第２ドメインＰＭＩの報告周期に比べて短くてもよい。

【０００９】

上記の技術的課題を解決するために、本発明の更に他の実施例に係る無線通信システムにおいてチャネル状態情報（ＣＳＩ）を受信する基地局装置は、送信器と、受信器と、プロセッサとを備えることができる。前記プロセッサは、前記送信器を制御して端末に参照信号を送信し、前記参照信号を用いて前記端末で生成されたＣＳＩを、前記受信器を制御して前記端末から受信するように構成されてもよい。前記ＣＳＩは、２－次元アンテナ構造における第１ドメインに対する第１プリコーディング行列を指示する一つ以上の第１ドメインプリコーディング行列指示子（ＰＭＩ）、及び前記２－次元アンテナ構造における第２ドメインに対する第２プリコーディング行列を指示する一つ以上の第２ドメインＰＭＩを含むことができる。前記一つ以上の第１ドメインＰＭＩの報告周期は、前記一つ以上の第２ドメインＰＭＩの報告周期に比べて短くてもよい。

【００１０】

上記の本発明に係る実施例において、以下の事項の一つ以上を適用することができる。

【００１１】

前記第２プリコーディング行列は、第２ドメインＰＭＩ＿１及び第２ドメインＰＭＩ＿２の組合せによって指示されてもよい。

【００１２】

前記第２ドメインＰＭＩ＿１と前記第２ドメインＰＭＩ＿２とが異なる時点で報告されてもよい。

【００１３】

前記第２ドメインＰＭＩ＿２の報告周期は、前記第２ドメインＰＭＩ＿１の報告周期に比べて短くてもよい。

【００１４】

前記第１プリコーディング行列は、一つの第１ドメインＰＭＩによって指示されてもよい。

【００１５】

前記第２ドメインＰＭＩ＿２の報告周期は、前記一つの第１ドメインＰＭＩの報告周期に比べて短くてもよい。

【００１６】

前記第２ドメインＰＭＩ＿２は、前記一つの第１ドメインＰＭＩと同時に報告されてもよい。

【００１７】

前記第１プリコーディング行列は、第１ドメインＰＭＩ＿１及び第１ドメインＰＭＩ＿２の組合せによって指示されてもよい。

【００１８】

前記第２ドメインＰＭＩ＿２と前記第１ドメインＰＭＩ＿１とが同時に報告されてもよい。

【００１９】

前記第２プリコーディング行列は、一つの第２ドメインＰＭＩによって指示されてもよい。

【００２０】

前記第１プリコーディング行列及び前記第２プリコーディング行列の結合によって、前記２－次元アンテナ構造に対して前記端末の好む（ｐｒｅｆｅｒｒｅｄ）プリコーディング行列が決定されてもよい。

【００２１】

前記第１ドメインは水平（ｈｏｒｉｚｏｎｔａｌ）ドメインであり、前記第２ドメインは垂直（ｖｅｒｔｉｃａｌ）ドメインであってもよい。

本明細書は、例えば、以下の項目も提供する。

（項目１）
無線通信システムの端末でチャネル状態情報（ＣＳＩ）を報告する方法であって、
基地局から参照信号を受信するステップと、
前記参照信号を用いて生成された前記ＣＳＩを前記基地局に報告するステップと、
を有し、
前記ＣＳＩは、２－次元アンテナ構造における第１ドメインに対する第１プリコーディング行列を指示する一つ以上の第１ドメインプリコーディング行列指示子（ＰＭＩ）、及び前記２－次元アンテナ構造における第２ドメインに対する第２プリコーディング行列を指示する一つ以上の第２ドメインＰＭＩを含み、
前記一つ以上の第１ドメインＰＭＩの報告周期は、前記一つ以上の第２ドメインＰＭＩの報告周期に比べて短い、ＣＳＩ報告方法。
（項目２）
前記第２プリコーディング行列は、第２ドメインＰＭＩ＿１及び第２ドメインＰＭＩ＿２の組合せによって指示される、項目１に記載のＣＳＩ報告方法。
（項目３）
前記第２ドメインＰＭＩ＿１と前記第２ドメインＰＭＩ＿２とが異なる時点で報告される、項目２に記載のＣＳＩ報告方法。
（項目４）
前記第２ドメインＰＭＩ＿２の報告周期は、前記第２ドメインＰＭＩ＿１の報告周期に比べて短い、項目２に記載のＣＳＩ報告方法。
（項目５）
前記第１プリコーディング行列は、一つの第１ドメインＰＭＩによって指示される、項目２に記載のＣＳＩ報告方法。
（項目６）
前記第２ドメインＰＭＩ＿２の報告周期は、前記一つの第１ドメインＰＭＩの報告周期に比べて短い、項目５に記載のＣＳＩ報告方法。
（項目７）
前記第２ドメインＰＭＩ＿２は、前記一つの第１ドメインＰＭＩと同時に報告される、項目５に記載のＣＳＩ報告方法。
（項目８）
前記第１プリコーディング行列は、第１ドメインＰＭＩ＿１及び第１ドメインＰＭＩ＿２の組合せによって指示される、項目２に記載のＣＳＩ報告方法。
（項目９）
前記第２ドメインＰＭＩ＿２と前記第１ドメインＰＭＩ＿１とが同時に報告される、項目８に記載のＣＳＩ報告方法。
（項目１０）
前記第２プリコーディング行列は、一つの第２ドメインＰＭＩによって指示される、項目１に記載のＣＳＩ報告方法。
（項目１１）
前記第１プリコーディング行列及び前記第２プリコーディング行列の結合によって、前記２－次元アンテナ構造に対して前記端末の好む（ｐｒｅｆｅｒｒｅｄ）プリコーディング行列が決定される、項目１に記載のＣＳＩ報告方法。
（項目１２）
前記第１ドメインは、水平（ｈｏｒｉｚｏｎｔａｌ）ドメインであり、
前記第２ドメインは、垂直（ｖｅｒｔｉｃａｌ）ドメインである、項目１に記載のＣＳＩ報告方法。
（項目１３）
無線通信システムの基地局でチャネル状態情報（ＣＳＩ）を受信する方法であって、
端末に参照信号を送信するステップと、
前記参照信号を用いて前記端末で生成されたＣＳＩを、前記端末から受信するステップ

と、
を有し、
前記ＣＳＩは、２－次元アンテナ構造における第１ドメインに対する第１プリコーディング行列を指示する一つ以上の第１ドメインプリコーディング行列指示子（ＰＭＩ）、及び前記２－次元アンテナ構造における第２ドメインに対する第２プリコーディング行列を指示する一つ以上の第２ドメインＰＭＩを含み、
前記一つ以上の第１ドメインＰＭＩの報告周期は、前記一つ以上の第２ドメインＰＭＩの報告周期に比べて短い、ＣＳＩ受信方法。
（項目１４）
無線通信システムにおいてチャネル状態情報（ＣＳＩ）を報告する端末装置であって、
送信器と、
受信器と、
プロセッサと、
を備え、
前記プロセッサは、前記受信器を制御して基地局から参照信号を受信し、前記参照信号を用いて生成された前記ＣＳＩを、前記送信器を制御して前記基地局に報告するように構成され、
前記ＣＳＩは、２－次元アンテナ構造における第１ドメインに対する第１プリコーディング行列を指示する一つ以上の第１ドメインプリコーディング行列指示子（ＰＭＩ）、及び前記２－次元アンテナ構造における第２ドメインに対する第２プリコーディング行列を指示する一つ以上の第２ドメインＰＭＩを含み、
前記一つ以上の第１ドメインＰＭＩの報告周期は、前記一つ以上の第２ドメインＰＭＩの報告周期に比べて短い、ＣＳＩ報告端末装置。
（項目１５）
無線通信システムにおいてチャネル状態情報（ＣＳＩ）を受信する基地局装置であって、
送信器と、
受信器と、
プロセッサと、
を備え、
前記プロセッサは、前記送信器を制御して端末に参照信号を送信し、前記参照信号を用いて前記端末で生成されたＣＳＩを、前記受信器を制御して前記端末から受信するように構成され、
前記ＣＳＩは、２－次元アンテナ構造における第１ドメインに対する第１プリコーディング行列を指示する一つ以上の第１ドメインプリコーディング行列指示子（ＰＭＩ）、及び前記２－次元アンテナ構造における第２ドメインに対する第２プリコーディング行列を指示する一つ以上の第２ドメインＰＭＩを含み、
前記一つ以上の第１ドメインＰＭＩの報告周期は、前記一つ以上の第２ドメインＰＭＩの報告周期に比べて短い、ＣＳＩ受信基地局装置。
【００２２】
本発明について前述した一般的な説明と後述する詳細な説明はいずれも例示的なものであり、請求項に記載の発明に関する更なる説明のためのものである。
【発明の効果】
【００２３】
本発明によれば、２－次元アンテナ構造を正確且つ効率的に支援できる新しいＣＳＩ生成及び報告方案を提供することができる。
【００２４】
本発明から得られる効果は以上で言及した効果に制限されず、言及していない他の効果は、以下の記載から、本発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者には明らかであろう。

【図面の簡単な説明】
【００２５】
本明細書に添付される図面は、本発明に関する理解を提供するためのもので、本発明の様々な実施の形態を示し、明細書の記載と共に本発明の原理を説明する。
【図１】図１は、無線フレームの構造を説明するための図である。
【図２】図２は、下りリンクスロットにおけるリソースグリッド（ｒｅｓｏｕｒｃｅ ｇｒｉｄ）を示す図である。
【図３】図３は、下りリンクサブフレームの構造を示す図である。
【図４】図４は、上りリンクサブフレームの構造を示す図である。
【図５】図５は、多重アンテナを有する無線通信システムの構成図である。
【図６】図６は、一つのリソースブロック対におけるＣＲＳ及びＤＲＳの例示的なパターンを示す図である。
【図７】図７は、ＬＴＥ－Ａシステムで定義されるＤＭＲＳパターンの一例を示す図である。
【図８】図８は、ＬＴＥ－Ａシステムで定義されるＣＳＩ－ＲＳパターンの例示を示す図である。
【図９】図９は、ＣＳＩ－ＲＳが周期的に送信される方式の一例を説明するための図である。
【図１０】図１０は、コードブックベースのプリコーディングの基本概念を説明するための図である。
【図１１】図１１は、８送信アンテナを構成する例示を示す図である。
【図１２】図１２は、アクティブアンテナアレイシステムの一般的な構造を説明するための図である。
【図１３】図１３は、２－次元アンテナアレイ構造を説明するための図である。
【図１４】図１４は、ＡＡＳの幾何学的な説明のための図である。
【図１５】図１５は、角度方向の定義を説明するための図である。
【図１６】図１６は、平面アレイアンテナ構成を示す図である。
【図１７】図１７は、角度方向の他の定義を説明するための図である。
【図１８】図１８は、２－次元アンテナ構成によるビームフォーミングの例示を示す図である。
【図１９】図１９は、垂直ビームフォーミングの例示を説明するための図である。
【図２０】図２０は、本発明に係るチャネル状態情報（ＣＳＩ）送受信方法を説明するための図である。
【図２１】図２１は、本発明に係る基地局装置及び端末装置の好適な実施例の構成を示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００２６】
以下の実施例は、本発明の構成要素と特徴を所定の形態で結合したものである。各構成要素又は特徴は、特別の言及がない限り、選択的なものと考慮すればよい。各構成要素又は特徴は、他の構成要素や特徴と結合していない形態で実施されもてよく、一部の構成要素及び／又は特徴を結合して本発明の実施例を構成してもよい。本発明の実施例で説明される動作の順序は変更されてもよい。ある実施例の一部の構成や特徴は、他の実施例に含まれてもよく、他の実施例の対応する構成又は特徴に取り替えられてもよい。
【００２７】
本明細書において、本発明の実施例を、基地局と端末間のデータ送信及び受信の関係を中心に説明する。ここで、基地局は、端末と通信を直接行うネットワークの終端ノード（ｔｅｒｍｉｎａｌ ｎｏｄｅ）としての意味を持つ。本文書で基地局によって行われるとした特定動作は、場合によっては基地局の上位ノード（ｕｐｐｅｒ ｎｏｄｅ）によって行われることもある
すなわち、基地局を含めた複数のネットワークノード（ｎｅｔｗｏｒｋ ｎｏｄｅｓ）

からなるネットワークにおいて端末との通信のために行われる様々な動作は、基地局、又は基地局以外の他のネットワークノードによって行われ得ることは明らかである。「基地局（ＢＳ：Ｂａｓｅ　Ｓｔａｔｉｏｎ）」は、固定局（ｆｉｘｅｄ　ｓｔａｔｉｏｎ）、Ｎｏｄｅ　Ｂ、ｅＮｏｄｅ　Ｂ（ｅＮＢ）、アクセスポイント（ＡＰ：Ａｃｃｅｓｓ　Ｐｏｉｎｔ）などの用語に置き換えてもよい。中継機は、ＲＮ（Ｒｅｌａｙ　Ｎｏｄｅ）、ＲＳ（Ｒｅｌａｙ　Ｓｔａｔｉｏｎ）などの用語に置き換えてもよい。また、「端末（Ｔｅｒｍｉｎａｌ）」は、ＵＥ（Ｕｓｅｒ　Ｅｑｕｉｐｍｅｎｔ）、ＭＳ（Ｍｏｂｉｌｅ　Ｓｔａｔｉｏｎ）、ＭＳＳ（Ｍｏｂｉｌｅ　Ｓｕｂｓｃｒｉｂｅｒ　Ｓｔａｔｉｏｎ）、ＳＳ（Ｓｕｂｓｃｒｉｂｅｒ　Ｓｔａｔｉｏｎ）などの用語に置き換えてもよい。

【００２８】

以下の説明で使われる特定用語は、本発明の理解を助けるために提供されるものであり、このような特定用語の使用は、本発明の技術的思想から逸脱しない範囲で他の形態に変更してもよい。

【００２９】

場合によって、本発明の概念が曖昧になることを避けるために、公知の構造及び装置は省略されたり、各構造及び装置の核心機能を中心にしたブロック図の形式で図示されることもある。また、本明細書を通じて同一の構成要素には同一の図面符号を付して説明する。

【００３０】

本発明の実施例は、無線接続システムであるＩＥＥＥ　８０２システム、３ＧＰＰシステム、３ＧＰＰ　ＬＴＥ及びＬＴＥ－Ａ（ＬＴＥ－Ａｄｖａｎｃｅｄ）システム、並びに３ＧＰＰ２システムの少なくとも一つに開示された標準文書によって裏付けることができる。すなわち、本発明の実施例において、本発明の技術的思想を明確にするために説明を省いた段階又は部分は、上記の文書によって裏付けることができる。また、本文書で開示している用語はいずれも上記の標準文書によって説明することができる。

【００３１】

以下の技術は、ＣＤＭＡ（Ｃｏｄｅ　Ｄｉｖｉｓｉｏｎ　Ｍｕｌｔｉｐｌｅ　Ａｃｃｅｓｓ）、ＦＤＭＡ（Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ　Ｄｉｖｉｓｉｏｎ　Ｍｕｌｔｉｐｌｅ　Ａｃｃｅｓｓ）、ＴＤＭＡ（Ｔｉｍｅ　Ｄｉｖｉｓｉｏｎ　Ｍｕｌｔｉｐｌｅ　Ａｃｃｅｓｓ）、ＯＦＤＭＡ（Ｏｒｔｈｏｇｏｎａｌ　Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ　Ｄｉｖｉｓｉｏｎ　Ｍｕｌｔｉｐｌｅ　Ａｃｃｅｓｓ）、ＳＣ－ＦＤＭＡ（Ｓｉｎｇｌｅ　Ｃａｒｒｉｅｒ　Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ　Ｄｉｖｉｓｉｏｎ　Ｍｕｌｔｉｐｌｅ　Ａｃｃｅｓｓ）などのような様々な無線接続システムに用いることができる。ＣＤＭＡは、ＵＴＲＡ（Ｕｎｉｖｅｒｓａｌ　Ｔｅｒｒｅｓｔｒｉａｌ　Ｒａｄｉｏ　Ａｃｃｅｓｓ）やＣＤＭＡ２０００のような無線技術（ｒａｄｉｏ　ｔｅｃｈｎｏｌｏｇｙ）によって具現することができる。ＴＤＭＡは、ＧＳＭ（登録商標）（Ｇｌｏｂａｌ　Ｓｙｓｔｅｍ　ｆｏｒ　Ｍｏｂｉｌｅ　ｃｏｍｍｕｎｉｃａｔｉｏｎｓ）／ＧＰＲＳ（Ｇｅｎｅｒａｌ　Ｐａｃｋｅｔ　Ｒａｄｉｏ　Ｓｅｒｖｉｃｅ）／ＥＤＧＥ（Ｅｎｈａｎｃｅｄ　Ｄａｔａ　Ｒａｔｅｓ　ｆｏｒ　ＧＳＭ（登録商標）　Ｅｖｏｌｕｔｉｏｎ）のような無線技術によって具現することができる。ＯＦＤＭＡは、ＩＥＥＥ　８０２．１１（Ｗｉ－Ｆｉ）、ＩＥＥＥ　８０２．１６（ＷｉＭＡＸ）、ＩＥＥＥ　８０２－２０、Ｅ－ＵＴＲＡ（Ｅｖｏｌｖｅｄ　ＵＴＲＡ）などのような無線技術によって具現することができる。ＵＴＲＡはＵＭＴＳ（Ｕｎｉｖｅｒｓａｌ　Ｍｏｂｉｌｅ　Ｔｅｌｅｃｏｍｍｕｎｉｃａｔｉｏｎｓ　Ｓｙｓｔｅｍ）の一部である。３ＧＰＰ（３ｒｄ　Ｇｅｎｅｒａｔｉｏｎ　Ｐａｒｔｎｅｒｓｈｉｐ　Ｐｒｏｊｅｃｔ）　ＬＴＥ（ｌｏｎｇｔｅｒｍ　ｅｖｏｌｕｔｉｏｎ）は、Ｅ－ＵＴＲＡを使用するＥ－ＵＭＴＳ（Ｅｖｏｌｖｅｄ　ＵＭＴＳ）の一部で、下りリンクにおいてＯＦＤＭＡを採用し、上りリンクにおいてＳＣ－ＦＤＭＡを採用する。ＬＴＥ－Ａ（Ａｄｖａｎｃｅｄ）は、３ＧＰＰ　ＬＴＥの進展である。ＷｉＭＡＸは、ＩＥＥＥ　８０２．１６ｅ規格（Ｗｉｒｅｌｅｓｓ　ＭＡＮ－ＯＦＤＭＡ　Ｒｅｆｅｒｅｎｃｅ　Ｓｙｓｔｅｍ）及び進展したＩＥＥＥ　８０２．１６ｍ規格（Ｗｉｒｅｌｅｓｓ　ＭＡＮ－ＯＦＤＭＡ　Ａｄｖａｎｃ

ｅｄ　ｓｙｓｔｅｍ）によって説明することができる。明確性のために、以下では３ＧＰＰ　ＬＴＥ及び３ＧＰＰ　ＬＴＥ－Ａシステムを中心に説明するが、本発明の技術的思想がこれに制限されることはない。

【００３２】

図１は、無線フレームの構造を説明するための図である。

【００３３】

セルラーＯＦＤＭ無線パケット通信システムにおいて、上り／下りリンクデータパケット送信はサブフレーム（ｓｕｂｆｒａｍｅ）単位に行われ、１サブフレームは、複数のＯＦＤＭシンボルを含む一定の時間区間と定義される。３ＧＰＰ　ＬＴＥ標準では、ＦＤＤ（Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ　Ｄｉｖｉｓｉｏｎ　Ｄｕｐｌｅｘ）に適用可能なタイプ１無線フレーム（ｒａｄｉｏ　ｆｒａｍｅ）構造と、ＴＤＤ（Ｔｉｍｅ　Ｄｉｖｉｓｉｏｎ　Ｄｕｐｌｅｘ）に適用可能なタイプ２無線フレーム構造を支援する。

【００３４】

図１（ａ）は、タイプ１無線フレーム構造を示す図である。下りリンク無線フレームは１０個のサブフレームで構成され、１個のサブフレームは時間領域（ｔｉｍｅ　ｄｏｍａｉｎ）において２個のスロットで構成される。１個のサブフレームを送信するために掛かる時間をＴＴＩ（ｔｒａｎｓｍｉｓｓｉｏｎ　ｔｉｍｅ　ｉｎｔｅｒｖａｌ）という。例えば、１サブフレームの長さは１ｍｓであり、１スロットの長さは０．５ｍｓであってもよい。１スロットは時間領域において複数のＯＦＤＭシンボルを含み、周波数領域において複数のリソースブロック（Ｒｅｓｏｕｒｃｅ　Ｂｌｏｃｋ；ＲＢ）を含む。３ＧＰＰ　ＬＴＥシステムでは、下りリンクでＯＦＤＭＡを用いるので、ＯＦＤＭシンボルが１シンボル区間を表す。ＯＦＤＭシンボルはＳＣ－ＦＤＭＡシンボル又はシンボル区間と呼ばれることもある。リソースブロック（ＲＢ）はリソース割り当て単位であり、１スロットにおいて複数個の連続した副搬送波（ｓｕｂｃａｒｒｉｅｒ）を含むことができる。

【００３５】

１スロットに含まれるＯＦＤＭシンボルの数は、ＣＰ（Ｃｙｃｌｉｃ　Ｐｒｅｆｉｘ）の構成（ｃｏｎｆｉｇｕｒａｔｉｏｎ）によって異なることがある。ＣＰには拡張ＣＰ（ｅｘｔｅｎｄｅｄ　ＣＰ）と一般ＣＰ（ｎｏｒｍａｌ　ＣＰ）がある。例えば、ＯＦＤＭシンボルが一般ＣＰによって構成された場合、１スロットに含まれるＯＦＤＭシンボルの数は７個であってもよい。ＯＦＤＭシンボルが拡張ＣＰによって構成された場合、１　ＯＦＤＭシンボルの長さが増加するため、１スロットに含まれるＯＦＤＭシンボルの数は、一般ＣＰの場合に比べて少ない。拡張ＣＰの場合に、例えば、１スロットに含まれるＯＦＤＭシンボルの数は６個であってもよい。端末が速い速度で移動する場合などのようにチャネル状態が不安定な場合には、シンボル間干渉をより減らすために拡張ＣＰを用いることができる。

【００３６】

一般ＣＰが用いられる場合、１スロットは７個のＯＦＤＭシンボルを含み、１サブフレームは１４個のＯＦＤＭシンボルを含む。このとき、各サブフレームにおける先頭２個又は３個のＯＦＤＭシンボルはＰＤＣＣＨ（ｐｈｙｓｉｃａｌ　ｄｏｗｎｌｉｎｋ　ｃｏｎｔｒｏｌ　ｃｈａｎｎｅｌ）に割り当て、残りのＯＦＤＭシンボルはＰＤＳＣＨ（ｐｈｙｓｉｃａｌ　ｄｏｗｎｌｉｎｋ　ｓｈａｒｅｄ　ｃｈａｎｎｅｌ）に割り当てることができる。

【００３７】

図１（ｂ）は、タイプ２無線フレームの構造を示す図である。タイプ２無線フレームは、２個のハーフフレーム（ｈａｌｆ　ｆｒａｍｅ）で構成され、各ハーフフレームは、５個のサブフレーム、ＤｗＰＴＳ（Ｄｏｗｎｌｉｎｋ　Ｐｉｌｏｔ　Ｔｉｍｅ　Ｓｌｏｔ）、保護区間（Ｇｕａｒｄ　Ｐｅｒｉｏｄ；ＧＰ）、及びＵｐＰＴＳ（Ｕｐｌｉｎｋ　Ｐｉｌｏｔ　Ｔｉｍｅ　Ｓｌｏｔ）で構成され、このうち一つのサブフレームは２個のスロットで構成される。ＤｗＰＴＳは、端末での初期セル探索、同期化又はチャネル推定に用いられる。ＵｐＰＴＳは、基地局でのチャネル推定と端末の上り送信同期を取ることに用い

られる。保護区間は、上りリンクと下りリンク間に下りリンク信号の多重経路遅延によって上りリンクで生じる干渉を除去するための区間である。一方、無線フレームのタイプにかかわらず、１個のサブフレームは２個のスロットで構成される。

【００３８】

無線フレームの構造は例示に過ぎず、無線フレームに含まれるサブフレームの数、サブフレームに含まれるスロットの数、又はスロットに含まれるシンボルの数は様々に変更することができる。

【００３９】

図２は、下りリンクスロットにおけるリソースグリッド（ｒｅｓｏｕｒｃｅ　ｇｒｉｄ）を示す図である。

【００４０】

同図では、１下りリンクスロットが時間領域で７個のＯＦＤＭシンボルを含み、１リソースブロック（ＲＢ）が周波数領域で１２個の副搬送波を含むとしているが、本発明はこれに制限されない。例えば、一般ＣＰ（Ｃｙｃｌｉｃ　Ｐｒｅｆｉｘ）の場合では１スロットが７　ＯＦＤＭシンボルを含むが、拡張ＣＰ（ｅｘｔｅｎｄｅｄ－ＣＰ）では１スロットが６　ＯＦＤＭシンボルを含むことができる。リソースグリッド上の各要素をリソース要素（ｒｅｓｏｕｒｃｅ　ｅｌｅｍｅｎｔ）と呼ぶ。１リソースブロックは１２×７個のリソース要素を含む。下りリンクスロットに含まれるリソースブロックの個数ＮＤＬは、下りリンク送信帯域幅による。上りリンクスロットの構造は下りリンクスロットの構造と同一であってもよい。

【００４１】

図３は、下りリンクサブフレームの構造を示す図である。

【００４２】

１サブフレーム内で第一のスロットの先頭における最大３個のＯＦＤＭシンボルは、制御チャネルが割り当てられる制御領域に該当する。残りのＯＦＤＭシンボルは、物理下り共有チャネル（Ｐｈｙｓｉｃａｌ　Ｄｏｗｎｌｉｎｋ　Ｓｈａｒｅｄ　Ｃｈａｎｃｅｌ；ＰＤＳＣＨ）が割り当てられるデータ領域に該当する。

【００４３】

３ＧＰＰ　ＬＴＥシステムで用いられる下り制御チャネルには、例えば、物理制御フォーマット指示子チャネル（Ｐｈｙｓｉｃａｌ　Ｃｏｎｔｒｏｌ　Ｆｏｒｍａｔ　Ｉｎｄｉｃａｔｏｒ　Ｃｈａｎｎｅｌ；ＰＣＦＩＣＨ）、物理下り制御チャネル（Ｐｈｙｓｉｃａｌ　Ｄｏｗｎｌｉｎｋ　Ｃｏｎｔｒｏｌ　Ｃｈａｎｎｅｌ；ＰＤＣＣＨ）、物理ＨＡＲＱ指示子チャネル（Ｐｈｙｓｉｃａｌ　Ｈｙｂｒｉｄ　ａｕｔｏｍａｔｉｃ　ｒｅｐｅａｔ　ｒｅｑｕｅｓｔ　Ｉｎｄｉｃａｔｏｒ　Ｃｈａｎｅｌ；ＰＨＩＣＨ）などがある。ＰＣＦＩＣＨは、サブフレームの最初のＯＦＤＭシンボルで送信され、サブフレーム内の制御チャネル送信に用いられるＯＦＤＭシンボルの個数に関する情報を含む。ＰＨＩＣＨは、上り送信の応答としてＨＡＲＱ　ＡＣＫ／ＮＡＣＫ信号を含む。ＰＤＣＣＨで送信される制御情報を、下りリンク制御情報（Ｄｏｗｎｌｉｎｋ　Ｃｏｎｔｒｏｌ　Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ；ＤＣＩ）という。ＤＣＩは、上りリンク又は下りリンクスケジューリング情報を含んだり、任意の端末グループに対する上り送信電力制御命令を含む。ＰＤＣＣＨは、下り共有チャネル（ＤＬ－ＳＣＨ）のリソース割り当て及び送信フォーマット、上り共有チャネル（ＵＬ－ＳＣＨ）のリソース割り当て情報、ページングチャネル（ＰＣＨ）のページング情報、ＤＬ－ＳＣＨ上のシステム情報、ＰＤＳＣＨ上で送信されるランダムアクセス応答（Ｒａｎｄｏｍ　Ａｃｃｅｓｓ　Ｒｅｓｐｏｎｓｅ）のような上位層制御メッセージのリソース割り当て、任意の端末グループ内の個別端末に対する送信電力制御命令のセット、送信電力制御情報、ＶｏＩＰ（Ｖｏｉｃｅ　ｏｖｅｒ　ＩＰ）の活性化などを含むことができる。複数のＰＤＣＣＨが制御領域内で送信され、端末は複数のＰＤＣＣＨをモニタすることもできる。

【００４４】

ＰＤＣＣＨは一つ以上の連続する制御チャネル要素（Ｃｏｎｔｒｏｌ　Ｃｈａｎｎｅｌ

Ｅｌｅｍｅｎｔ；ＣＣＥ）の組合せ（ａｇｇｒｅｇａｔｉｏｎ）で送信される。ＣＣＥは、無線チャネルの状態に基づくコーディングレートでＰＤＣＣＨを提供するために用いられる論理割り当て単位である。ＣＣＥは、複数個のリソース要素グループに対応する。ＰＤＣＣＨのフォーマットと利用可能なビット数は、ＣＣＥの個数とＣＣＥによって提供されるコーディングレート間の相関関係によって決定される。

【００４５】

基地局は、端末に送信されるＤＣＩによってＰＤＣＣＨフォーマットを決定し、制御情報に巡回冗長検査（Ｃｙｃｌｉｃ Ｒｅｄｕｎｄａｎｃｙ Ｃｈｅｃｋ；ＣＲＣ）を付加する。ＣＲＣは、ＰＤＣＣＨの所有者又は用途によって無線ネットワーク臨時識別子（Ｒａｄｉｏ Ｎｅｔｗｏｒｋ Ｔｅｍｐｏｒａｒｙ Ｉｄｅｎｔｉｆｉｅｒ；ＲＮＴＩ）という識別子でマスクされる。ＰＤＣＣＨが特定端末に対するものであれば、端末のｃｅｌｌ－ＲＮＴＩ（Ｃ－ＲＮＴＩ）識別子をＣＲＣにマスクすることができる。又は、ＰＤＣＣＨがページングメッセージに対するものであれば、ページング指示子識別子（Ｐａｇｉｎｇ Ｉｎｄｉｃａｔｏｒ Ｉｄｅｎｔｉｆｉｅｒ；Ｐ－ＲＮＴＩ）をＣＲＣにマスクすることができる。ＰＤＣＣＨがシステム情報（より具体的に、システム情報ブロック（ＳＩＢ））に対するものであれば、システム情報識別子及びシステム情報ＲＮＴＩ（ＳＩ－ＲＮＴＩ）をＣＲＣにマスクすることができる。端末のランダムアクセスプリアンブルの送信に対する応答であるランダムアクセス応答を示すために、ランダムアクセス－ＲＮＴＩ（ＲＡ－ＲＮＴＩ）をＣＲＣにマスクすることができる。

【００４６】

図４は、上りリンクサブフレームの構造を示す図である。

【００４７】

上りリンクサブフレームは、周波数領域で制御領域とデータ領域とに区別できる。制御領域には上りリンク制御情報を含む物理上り制御チャネル（Ｐｈｙｓｉｃａｌ Ｕｐｌｉｎｋ Ｃｏｎｔｒｏｌ Ｃｈａｎｎｅｌ；ＰＵＣＣＨ）が割り当てられる。データ領域には、ユーザーデータを含む物理上り共有チャネル（Ｐｈｙｓｉｃａｌ ｕｐｌｉｎｋ ｓｈａｒｅｄ ｃｈａｎｎｅｌ；ＰＵＳＣＨ）が割り当てられる。単一搬送波特性を維持するために、一つの端末はＰＵＣＣＨとＰＵＳＣＨを同時に送信しない。一つの端末のＰＵＣＣＨは、サブフレームにおいてリソースブロック対（ＲＢ ｐａｉｒ）に割り当てられる。リソースブロック対に属するリソースブロックは、２スロットに対して互いに異なる副搬送波を占める。これを、ＰＵＣＣＨに割り当てられるリソースブロック対がスロット境界で周波数－ホップ（ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ－ｈｏｐｐｅｄ）するという。

【００４８】

（多重アンテナ（ＭＩＭＯ）システムのモデリング）

図５は、多重アンテナを有する無線通信システムの構成図である。

【００４９】

図５（ａ）に示すように、送信アンテナの数をN_T個、受信アンテナの数をN_R個と増やすと、送信機又は受信機のいずれか一方のみで複数のアンテナを用いる場合とは違い、アンテナ数に比例して理論的なチャネル送信容量が増加する。したがって、送信レートを向上させ、周波数効率を画期的に向上させることができる。チャネル送信容量が増加することから、送信レートを、理論的に、単一アンテナ利用時の最大送信レート（R_o）にレート増加率（R_i）を掛けた分だけ増加させることができる。

【００５０】

【数１】

【数1】

$$R_i = \min(N_T, N_R)$$

【００５１】

例えば、４個の送信アンテナと４個の受信アンテナを用いるＭＩＭＯ通信システムでは

、単一アンテナシステムに比べて理論上、４倍の伝送レートを取得することができる。多重アンテナシステムの理論的容量増加が９０年代半ばに証明されて以来、これを実質的なデータ伝送率の向上へと導くための種々の技術が現在まで活発に研究されている。それらのいくつかの技術は既に３世代移動通信と次世代無線ＬＡＮなどの様々な無線通信の標準に反映されている。

【００５２】

現在までの多重アンテナ関連研究動向をみると、様々なチャネル環境及び多元接続環境における多重アンテナ通信容量計算などと関連した情報理論側面の研究、多重アンテナシステムの無線チャネル測定及び模型導出の研究、及び伝送信頼度の向上及び伝送率の向上のための時空間信号処理技術の研究などを含め、様々な観点で活発に研究が行われている。

【００５３】

多重アンテナシステムにおける通信方法を数学的モデリングを用いてより具体的に説明する。当該システムには、N_T個の送信アンテナとN_R個の受信アンテナが存在するとする。

【００５４】

伝送信号について説明すると、N_T個の送信アンテナがある場合に、送信可能な最大情報はN_T個であるる。送信情報を下記の数式２のように表現することができる。

【００５５】

【数２】

【数2】

$$\mathbf{s} = \left[s_1, s_2, \cdots, s_{N_T}\right]^T$$

【００５６】

それぞれの送信情報

【００５７】

【化１】

$$s_1, s_2, \cdots, s_{N_T}$$

【００５８】

は、送信電力が異なってもよい。それぞれの送信電力を

【００５９】

【化２】

$$P_1, P_2, \cdots, P_{N_T}$$

【００６０】

とすれば、送信電力の調整された送信情報は、次のように表現することができる。

【００６１】

【数３】

【数3】

$$\hat{\mathbf{s}} = \left[\hat{s}_1, \hat{s}_2, \cdots, \hat{s}_{N_T}\right]^T = \left[P_1 s_1, P_2 s_2, \cdots, P_{N_T} s_{N_T}\right]^T$$

【００６２】

また、

【００６３】

【化３】

$\hat{\mathbf{s}}$

【００６４】

は、送信電力の対角行列

【００６５】

【化４】

P

【００６６】

を用いて次のように表現することができる。

【００６７】

【数４】

【数４】

$$\hat{\mathbf{s}} = \begin{bmatrix} P_1 & & 0 \\ & P_2 & \\ & \ddots & \\ 0 & & P_{N_T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \vdots \\ s_{N_T} \end{bmatrix} = \mathbf{Ps}$$

【００６８】

送信電力の調整された情報ベクトル

【００６９】

【化５】

$\hat{\mathbf{s}}$

【００７０】

に重み行列

【００７１】

【化６】

$\mathbf{W}$

【００７２】

が適用され、実際に送信されるＮ$_{T}$個の伝送信号

【００７３】

【化７】

$x_1, x_2, \cdots, x_{N_T}$

【００７４】

が構成される場合を考慮してみよう。重み行列

【００７５】

【化８】

$\mathbf{W}$

【００７６】

は、送信情報を送信チャネル状況などに応じて各アンテナに適切に分配する役割を持つ。

【００７７】

【化９】

$$x_1, x_2, \cdots, x_{N_T}$$

【００７８】

は、ベクトル

【００７９】

【化１０】

$$\mathbf{x}$$

【００８０】

を用いて次のように表現することができる。

【００８１】

【数５】

【数5】

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_i \\ \vdots \\ x_{N_T} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{1N_T} \\ w_{21} & w_{22} & \cdots & w_{2N_T} \\ \vdots & & \ddots & \\ w_{i1} & w_{i2} & \cdots & w_{iN_T} \\ \vdots & & \ddots & \\ w_{N_T1} & w_{N_T2} & \cdots & w_{N_TN_T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{s}_1 \\ \hat{s}_2 \\ \vdots \\ \hat{s}_j \\ \vdots \\ \hat{s}_{N_T} \end{bmatrix} = \mathbf{W}\hat{\mathbf{s}} = \mathbf{WPs}$$

【００８２】

ここで、

【００８３】

【化１１】

$$w_{ij}$$

【００８４】

は、ｉ番目の送信アンテナとｊ番目の情報間の重み値を意味する。

【００８５】

【化１２】

$$\mathbf{W}$$

【００８６】

は、プリコーディング行列と呼ぶこともできる。

【００８７】

受信信号N_R個の受信アンテナがある場合、各アンテナの受信信号

【００８８】

【化１３】

$$y_1, y_2, \cdots, y_{N_R}$$

【００８９】

は、次のようなベクトルと表現することができる。

【００９０】

【数６】

【数6】

$$\mathbf{y}=\left[y_1,y_2,\cdots,y_{N_R}\right]^{\mathrm{T}}$$

【００９１】

多重アンテナ無線通信システムでチャネルをモデリングする場合、チャネルは、送受信アンテナインデックスによって区別することができる。送信アンテナｊから受信アンテナｉを経るチャネルを

【００９２】

【化１４】

$$h_{ij}$$

【００９３】

と表示するものとする。

【００９４】

【化１５】

$$h_{ij}$$

【００９５】

において、受信アンテナインデックスが前であり、送信アンテナのインデックスが後であることに留意されたい。

【００９６】

一方、図５（ｂ）は、N_T個の送信アンテナから受信アンテナｉへのチャネルを示す図である。これらのチャネルをまとめてベクトル及び行列の形態で表示することができる。図５（ｂ）で、総N_T個の送信アンテナから受信アンテナｉに到着するチャネルは、次のように表すことができる。

【００９７】

【数７】

【数7】

$$\mathbf{h}_i^T=\left[h_{i1},h_{i2},\cdots,h_{iN_T}\right]$$

【００９８】

したがって、N_T個の送信アンテナからN_R個の受信アンテナに到着する全てのチャネルは、次のように表現することができる。

【００９９】

【数８】

【数8】

$$\mathbf{H}=\begin{bmatrix}\mathbf{h}_1^{\mathrm{T}}\\ \mathbf{h}_2^{\mathrm{T}}\\ \vdots\\ \mathbf{h}_i^{\mathrm{T}}\\ \vdots\\ \mathbf{h}_{\mathbf{N_R}}^{\mathrm{T}}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}h_{11} & h_{12} & \cdots & h_{1N_T}\\ h_{21} & h_{22} & \cdots & h_{2N_T}\\ \vdots & & \ddots & \\ h_{i1} & h_{i2} & \cdots & h_{iN_T}\\ \vdots & & \ddots & \\ h_{N_R1} & h_{N_R2} & \cdots & h_{N_RN_T}\end{bmatrix}$$

【０１００】

実際チャネルにはチャネル行列
【０１０１】
【化１６】

$$\mathbf{H}$$

【０１０２】
を経た後に白色雑音（ＡＷＧＮ；Ａｄｄｉｔｉｖｅ Ｗｈｉｔｅ Ｇａｕｓｓｉａｎ Ｎｏｉｓｅ）が加えられる。N_R個の受信アンテナのそれぞれに加えられる白色雑音
【０１０３】
【化１７】

$$n_1, n_2, \cdots, n_{N_R}$$

【０１０４】
は、次のように表現することができる。
【０１０５】
【数９】
【数9】

$$\mathbf{n} = \left[n_1, n_2, \cdots, n_{N_R} \right]^{\mathrm{T}}$$

【０１０６】
上述した数式モデリングによって受信信号を次のように表現することができる。
【０１０７】
【数１０】
【数１０】

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_i \\ \vdots \\ y_{N_R} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdots & h_{1N_T} \\ h_{21} & h_{22} & \cdots & h_{2N_T} \\ \vdots & & \ddots & \\ h_{i1} & h_{i2} & \cdots & h_{iN_T} \\ \vdots & & \ddots & \\ h_{N_R1} & h_{N_R2} & \cdots & h_{N_RN_T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_j \\ \vdots \\ x_{N_T} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ n_i \\ \vdots \\ n_{N_R} \end{bmatrix} = \mathbf{Hx} + \mathbf{n}$$

【０１０８】
一方、チャネル状態を表すチャネル行列
【０１０９】
【化１８】

$$\mathbf{H}$$

【０１１０】
の行と列の数は、送受信アンテナの数によって決定される。チャネル行列
【０１１１】
【化１９】

$$\mathbf{H}$$

【０１１２】
で、行の数は受信アンテナの数N_Rと同一であり、列の数は送信アンテナの数N_Tと同一である。すなわち、チャネル行列

【０１１３】
【化２０】

$$\mathbf{H}$$

【０１１４】
は、行列が$N_R \times N_T$となる。
【０１１５】
行列のランク（ｒａｎｋ）は、互いに独立している（ｉｎｄｅｐｅｎｄｅｎｔ）行又は列の個数のうち最小の個数と定義される。このため、行列のランクは行又は列の個数よりも大きいことはない。チャネル行列
【０１１６】
【化２１】

$$\mathbf{H}\text{のランク } (rank(\mathbf{H}))$$

【０１１７】
は、次のように制限される。
【０１１８】
【数１１】

【数１１】
$$rank(\mathbf{H}) \le \min(N_T, N_R)$$

【０１１９】
ランクの他の定義は、行列を固有値分解（Ｅｉｇｅｎ ｖａｌｕｅ ｄｅｃｏｍｐｏｓｉｔｉｏｎ）したとき、０でない固有値の個数と定義することができる。同様に、ランクの更に他の定義は、特異値分解（ｓｉｎｇｕｌａｒ ｖａｌｕｅ ｄｅｃｏｍｐｏｓｉｔｉｏｎ）したとき、０でない特異値の個数と定義することができる。したがって、チャネル行列においてランクの物理的な意味は、与えられたチャネルで互いに異なる情報を送信できる最大数ということができる。
【０１２０】
本文書の説明において、ＭＩＭＯ送信における’ランク（Ｒａｎｋ）’とは、特定時点及び特定周波数リソースで独立して信号を送信できる経路の数を表し、‘レイヤ（ｌａｙｅｒ）の個数’は、各経路を通して送信される信号ストリームの個数を表す。送信端は、信号の送信に用いられるランク数に対応する個数のレイヤを送信するのが一般的であるため、特別な言及がない限り、ランクはレイヤ個数と同じ意味を有する。
【０１２１】
（参照信号（Ｒｅｆｅｒｅｎｃｅ Ｓｉｇｎａｌ；ＲＳ））
無線通信システムでパケットを送信する際、送信されるパケットは無線チャネルを介して送信されるため、送信過程で信号の歪みが発生しうる。歪まれた信号を受信側で正しく受信するためには、チャネル情報を用いて受信信号から歪みを補正しなければならない。チャネル情報を把握するために、送信側も受信側も知っている信号を送信し、該信号がチャネルを介して受信される際の歪み程度を用いてチャネル情報を得る方法を主に用いる。該信号をパイロット信号（Ｐｉｌｏｔ Ｓｉｇｎａｌ）又は参照信号（Ｒｅｆｅｒｅｎｃｅ Ｓｉｇｎａｌ）という。
【０１２２】
多重アンテナを用いてデータを送受信する場合に、正しい信号を受信するためには、各送信アンテナと受信アンテナ間のチャネル状況を知る必要がある。そのために、各送信アンテナ別に異なる参照信号が存在しなければならない。
【０１２３】
移動通信システムにおいて参照信号（ＲＳ）はその目的によって２種類に大別できる。

その一つは、チャネル情報の取得のために用いられるＲＳであり、もう一つは、データ復調のために用いられるＲＳである。前者は、端末が下りチャネル情報を取得するためのＲＳであるため、広帯域に送信されなければならず、特定サブフレームで下りデータを受信しない端末であっても、当該ＲＳを受信及び測定可能でなければならない。このようなＲＳは、ハンドオーバーなどのための測定などのためにも用いられる。後者は、基地局が下りデータを送る時、当該リソースで併せて送るＲＳであり、端末は当該ＲＳを受信することによってチャネル推定ができ、データを復調することができる。このようなＲＳは、データの送信される領域で送信されなければならない。

【０１２４】

既存の３ＧＰＰ　ＬＴＥ（例えば、３ＧＰＰ　ＬＴＥリリース－８）システムでは、ユニキャスト（ｕｎｉｃａｓｔ）サービスのために２種類の下りリンクＲＳを定義する。その一つは共用参照信号（Ｃｏｍｍｏｎ　ＲＳ；ＣＲＳ）であり、もう一つは、専用参照信号（Ｄｅｄｉｃａｔｅｄ　ＲＳ；ＤＲＳ）である。ＣＲＳは、チャネル状態に関する情報取得及びハンドオーバーなどのための測定などのために用いられ、セル－特定（ｃｅｌｌ－ｓｐｅｃｉｆｉｃ）ＲＳと呼ぶことができる。ＤＲＳは、データ復調のために用いられ、端末－特定（ＵＥ－ｓｐｅｃｉｆｉｃ）ＲＳと呼ぶことができる。既存の３ＧＰＰ　ＬＴＥシステムで、ＤＲＳはデータ復調のみのために用いることができ、ＣＲＳは、チャネル情報取得のためにもデータ復調のためにも用いることができる。

【０１２５】

ＣＲＳは、セル－特定に送信されるＲＳであり、広帯域（ｗｉｄｅｂａｎｄ）に対して毎サブフレームごとに送信される。ＣＲＳは、基地局の送信アンテナ個数によって最大４個のアンテナポートに対して送信可能である。例えば、基地局の送信アンテナが２個である場合、０番と１番のアンテナポートに対するＣＲＳを送信し、４個の場合は、０～３番のアンテナポートに対するＣＲＳをそれぞれ送信する。

【０１２６】

図６は、一つのリソースブロック対におけるＣＲＳ及びＤＲＳの例示的なパターンを示す図である。

【０１２７】

図６の参照信号パターンの例示では、基地局が４個の送信アンテナを支援するシステムで一つのリソースブロック対（一般ＣＰの場合、時間上で１４個のＯＦＤＭシンボル×周波数上で１２個の副搬送波）上でＣＲＳ及びＤＲＳのパターンを示している。図６で、’Ｒ０’、’Ｒ１’、’Ｒ２’及び’Ｒ３’と表示されたリソース要素（ＲＥ）は、それぞれ、アンテナポートインデックス０、１、２及び３に対するＣＲＳの位置を表す。一方、図６で’Ｄ’と表示されたリソース要素は、ＬＴＥシステムで定義されるＤＲＳの位置を表す。

【０１２８】

ＬＴＥシステムの進展した形態のＬＴＥ－Ａシステムでは、下りリンクで最大８個の送信アンテナを支援することができる。このため、最大８個の送信アンテナに対するＲＳも支援されなければならない。ＬＴＥシステムにおける下りリンクＲＳは最大４個のアンテナポートのみに対して定義されているため、ＬＴＥ－Ａシステムにおいて基地局が４個以上最大８個の下りリンク送信アンテナを有する場合、それらのアンテナポートに対するＲＳがさらに定義されなければならない。最大８個の送信アンテナポートに対するＲＳとして、チャネル測定のためのＲＳ、データ復調のためのＲＳの両方とも考慮されなければならない。

【０１２９】

ＬＴＥ－Ａシステムを設計する上で重要な考慮事項の一つは逆方向互換性（ｂａｃｋｗａｒｄ　ｃｏｍｐａｔｉｂｉｌｉｔｙ）である。逆方向互換性とは、既存のＬＴＥ端末がＬＴＥ－Ａシステムでも正しく動作するように支援することを意味する。ＲＳ送信観点からは、ＬＴＥ標準で定義されているＣＲＳが全帯域で毎サブフレームごとに送信される時間－周波数領域に最大８個の送信アンテナポートに対するＲＳを追加すると、ＲＳオーバ

ーヘッドが過度に大きくなる。このため、最大８個のアンテナポートに対するＲＳを新しく設計するに当たり、ＲＳオーバーヘッドを減らすことを考慮しなければならない。

【０１３０】

ＬＴＥ－Ａシステムで新しく導入されるＲＳは、大きく、２種類に分類できる。その一つは、送信ランク、変調及びコーディング技法（Ｍｏｄｕｌａｔｉｏｎ ａｎｄ Ｃｏｄｉｎｇ Ｓｃｈｅｍｅ；ＭＣＳ）、プリコーディング行列インデックス（Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ Ｍａｔｒｉｘ Ｉｎｄｅｘ；ＰＭＩ）などの選択のためのチャネル測定目的のＲＳであるチャネル状態情報－参照信号（Ｃｈａｎｎｅｌ Ｓｔａｔｅ Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ ＲＳ；ＣＳＩ－ＲＳ）であり、もう一つは、最大８個の送信アンテナを通して送信されるデータを復調するための目的のＲＳである復調－参照信号（ＤｅＭｏｄｕｌａｔｉｏｎ ＲＳ；ＤＭ ＲＳ）である。

【０１３１】

チャネル測定目的のＣＳＩ－ＲＳは、既存のＬＴＥシステムにおけるＣＲＳがチャネル測定、ハンドオーバーなどの測定などの目的と同時にデータ復調のために用いられるのとは違い、チャネル測定中心の目的のために設計される特徴がある。勿論、ＣＳＩ－ＲＳは、ハンドオーバーなどの測定などの目的に用いられてもよい。ＣＳＩ－ＲＳがチャネル状態に関する情報を得る目的のみに送信されるため、既存のＬＴＥシステムにおけるＣＲＳとは違い、毎サブフレームごとに送信されなくてもよい。したがって、ＣＳＩ－ＲＳのオーバーヘッドを減らすために、ＣＳＩ－ＲＳは時間軸上で間欠的に（例えば、周期的に）送信されるように設計されてもよい。

【０１３２】

仮に、ある下りリンクサブフレーム上でデータが送信されると、データ送信がスケジューリングされた端末に専用で（ｄｅｄｉｃａｔｅｄ）ＤＭ ＲＳが送信される。すなわち、ＤＭＲＳは、端末特定（ＵＥ－ｓｐｅｃｉｆｉｃ）ＲＳと呼ぶこともできる。特定端末専用のＤＭ ＲＳは、当該端末がスケジューリングされたリソース領域、すなわち、当該端末に対するデータが送信される時間－周波数領域でのみ送信されるように設計することができる。

【０１３３】

図７は、ＬＴＥ－Ａシステムで定義されるＤＭ ＲＳパターンの一例を示す図である。

【０１３４】

図７では、下りリンクデータが送信される一つのリソースブロック対（一般ＣＰの場合、時間上で１４個のＯＦＤＭシンボル×周波数上で１２個の副搬送波）上でＤＭ ＲＳが送信されるリソース要素の位置を示している。ＤＭ ＲＳは、ＬＴＥ－Ａシステムでさらに定義される４個のアンテナポート（アンテナポートインデックス７、８、９及び１０）に対して送信することができる。互いに異なるアンテナポートに対するＤＭ ＲＳは、異なる周波数リソース（副搬送波）及び／又は異なる時間リソース（ＯＦＤＭシンボル）に位置することで区別することができる（すなわち、ＦＤＭ及び／又はＴＤＭ方式で多重化できる）。また、同一の時間－周波数リソース上に位置する互いに異なるアンテナポートに対するＤＭ ＲＳは、直交コード（ｏｒｔｈｏｇｏｎａｌ ｃｏｄｅ）によって区別することができる（すなわち、ＣＤＭ方式で多重化できる）。図７の例示で、ＤＭ ＲＳ ＣＤＭグループ１と表示されたリソース要素（ＲＥ）にはアンテナポート７及び８に対するＤＭ ＲＳを位置させることができ、これらは、直交コードによって多重化できる。同様に、図７の例示で、ＤＭ ＲＳグループ２と表示されたリソース要素にはアンテナポート９及び１０に対するＤＭ ＲＳを位置させることができ、これらは、直交コードによって多重化できる。

【０１３５】

基地局でＤＭＲＳを送信するに当たり、データに適用されるプリコーディングと同じプリコーディングがＤＭＲＳに適用される。したがって、端末でＤＭＲＳ（又は、端末－特定ＲＳ）を用いて推定されるチャネル情報は、プリコーディングされたチャネル情報である。端末は、ＤＭＲＳから推定したプリコーディングされたチャネル情報を用いて、デー

タ復調を容易に行うことができる。しかし、端末は、ＤＭＲＳに適用されたプリコーディング情報が把握できず、ＤＭＲＳを用いては、プリコーディングされていないチャネル情報を取得することができない。端末は、ＤＭＲＳ以外の別の参照信号、すなわち、前述したＣＳＩ－ＲＳを用いて、プリコーディングされていないチャネル情報を取得することができる。

【０１３６】

図８は、ＬＴＥ－Ａシステムで定義されるＣＳＩ－ＲＳパターンの例示を示す図である。

【０１３７】

図８では、下りリンクデータが送信される一つのリソースブロック対（一般ＣＰの場合、時間上で１４個のＯＦＤＭシンボル×周波数上で１２個の副搬送波）上でＣＳＩ－ＲＳが送信されるリソース要素の位置を示している。ある下りリンクサブフレームで、図８（ａ）乃至８（ｅ）のいずれか一つのＣＳＩ－ＲＳパターンを用いることができる。ＣＳＩ－ＲＳは、ＬＴＥ－Ａシステムでさらに定義される８個のアンテナポート（アンテナポートインデックス１５、１６、１７、１８、１９、２０、２１及び２２）に対して送信することができる。互いに異なるアンテナポートに対するＣＳＩ－ＲＳは、異なった周波数リソース（副搬送波）及び／又は異なった時間リソース（ＯＦＤＭシンボル）に位置することで区別することができる（すなわち、ＦＤＭ及び／又はＴＤＭ方式で多重化できる）。また、同一の時間－周波数リソース上に位置する互いに異なるアンテナポートに対するＣＳＩ－ＲＳは、直交コード（ｏｒｔｈｏｇｏｎａｌ　ｃｏｄｅ）によって区別することができる（すなわち、ＣＤＭ方式で多重化できる）。図８（ａ）の例示で、ＣＳＩ－ＲＳ　ＣＤＭグループ１と表示されたリソース要素（ＲＥ）にはアンテナポート１５及び１６に対するＣＳＩ－ＲＳを位置させることができ、これらは、直交コードによって多重化できる。図８（ａ）の例示で、ＣＳＩ－ＲＳ　ＣＤＭグループ２と表示されたリソース要素にはアンテナポート１７及び１８に対するＣＳＩ－ＲＳを位置させることができ、これらは、直交コードによって多重化できる。図８（ａ）の例示でＣＳＩ－ＲＳ　ＣＤＭグループ３と表示されたリソース要素にはアンテナポート１９及び２０に対するＣＳＩ－ＲＳを位置させることができ、これらは、直交コードによって多重化できる。図８（ａ）の例示で、ＣＳＩ－ＲＳ　ＣＤＭグループ４と表示されたリソース要素にはアンテナポート２１及び２２に対するＣＳＩ－ＲＳを位置させることができ、これらは、直交コードによって多重化できる。図８（ａ）を基準にして説明した同一原理を、図８（ｂ）乃至８（ｅ）に適用することもできる。

【０１３８】

図６乃至図８のＲＳパターンは単なる例示であり、本発明の様々な実施例を適用するにあって特定ＲＳパターンに限定されるものでない。すなわち、図６乃至図８と異なるＲＳパターンが定義及び使用される場合にも、本発明の様々な実施例を同一に適用することができる。

【０１３９】

（ＣＳＩ－ＲＳ設定（ｃｏｎｆｉｇｕｒａｔｉｏｎ））

前述したように、下りリンクで最大８個の送信アンテナを支援するＬＴＥ－Ａシステムにおいて、基地局は全てのアンテナポートに対するＣＳＩ－ＲＳを送信しなければならない。最大８個の送信アンテナポートに対するＣＳＩ－ＲＳを毎サブフレームごとに送信すると過度なオーバーヘッドにつながりうるため、ＣＳＩ－ＲＳを毎サブフレームごとに送信せず、時間軸で間欠的に送信することによってそのオーバーヘッドを減らす必要がある。そのために、ＣＳＩ－ＲＳを、一つのサブフレームの整数倍の周期で周期的に送信したり、特定送信パターンで送信することができる。

【０１４０】

このとき、ＣＳＩ－ＲＳが送信される周期やパターンは、ネットワーク（例えば、基地局）が設定（ｃｏｎｆｉｇｕｒａｔｉｏｎ）することができる。ＣＳＩ－ＲＳに基づく測定を行うために、端末は必ず自身の属したセル（又は、送信ポイント（ＴＰ））のそれぞ

れのＣＳＩ－ＲＳアンテナポートに対するＣＳＩ－ＲＳ設定（ｃｏｎｆｉｇｕｒａｔｉｏｎ）を知っていなければならない。ＣＳＩ－ＲＳ設定は、ＣＳＩ－ＲＳが送信される下りリンクサブフレームインデックス、送信サブフレームにおける、ＣＳＩ－ＲＳリソース要素（ＲＥ）の時間－周波数位置（例えば、図８（ａ）乃至図８（ｅ）のようなＣＳＩ－ＲＳパターン）、及びＣＳＩ－ＲＳシーケンス（ＣＳＩ－ＲＳ用に用いられるシーケンスであって、スロット番号、セルＩＤ、ＣＰ長などに基づいて所定の規則に従って類似－ランダム（ｐｓｅｕｄｏ－ｒａｎｄｏｍ）に生成される）などを含むことができる。すなわち、任意の（ｇｉｖｅｎ）基地局で複数個のＣＳＩ－ＲＳ設定を用いることができ、基地局は、複数個のＣＳＩ－ＲＳ設定のうち、セル内の端末に対して用いられるＣＳＩ－ＲＳ設定を知らせることができる。

【０１４１】

複数個のＣＳＩ－ＲＳ設定は、端末がＣＳＩ－ＲＳの送信電力が０でない（ｎｏｎ－ｚｅｒｏ）と仮定するＣＳＩ－ＲＳ設定を一つ含んでも含まなくてもよく、また、端末が０の送信電力であると仮定するＣＳＩ－ＲＳ設定を一つ以上含んでも含まなくてもよい。

【０１４２】

また、上位層によって０の送信電力のＣＳＩ－ＲＳ設定に対するパラメータ（例えば、１６－ビットビットマップＺｅｒｏＰｏｗｅｒＣＳＩ－ＲＳパラメータ）のそれぞれのビットはＣＳＩ－ＲＳ設定（又は、ＣＳＩ－ＲＳ設定によってＣＳＩ－ＲＳを割り当て可能なＲＥ）に対応でき、端末は、当該パラメータで１に設定されるビットに対応するＣＳＩ－ＲＳ設定のＣＳＩ－ＲＳ　ＲＥにおける送信電力が０であると仮定することができる。

【０１４３】

また、それぞれのアンテナポートに対するＣＳＩ－ＲＳは区別される必要があるため、それぞれのアンテナポートに対するＣＳＩ－ＲＳが送信されるリソースは互いに直交（ｏｒｔｈｏｇｏｎａｌ）しなければならない。図８で説明した通り、それぞれのアンテナポートに対するＣＳＩ－ＲＳを、直交する周波数リソース、直交する時間リソース及び／又は直交するコードリソースを用いてＦＤＭ、ＴＤＭ及び／又はＣＤＭ方式で多重化できる。

【０１４４】

ＣＳＩ－ＲＳに関する情報（ＣＳＩ－ＲＳ設定）を基地局がセル内の端末に知らせる時、まず、各アンテナポートに対するＣＳＩ－ＲＳがマップされる時間－周波数に関する情報を知らせなければならない。具体的に、時間に関する情報は、ＣＳＩ－ＲＳが送信されるサブフレーム番号、ＣＳＩ－ＲＳが送信される周期、ＣＳＩ－ＲＳが送信されるサブフレームオフセット、特定アンテナのＣＳＩ－ＲＳリソース要素（ＲＥ）が送信されるＯＦＤＭシンボル番号などを含むことができる。周波数に関する情報は、特定アンテナのＣＳＩ－ＲＳリソース要素（ＲＥ）が送信される周波数間隔（ｓｐａｃｉｎｇ）、周波数軸におけるＲＥのオフセット又はシフト値などを含むことができる。

【０１４５】

図９は、ＣＳＩ－ＲＳが周期的に送信される方式の一例を説明するための図である。

【０１４６】

ＣＳＩ－ＲＳは、一つのサブフレームの整数倍の周期（例えば、５サブフレーム周期、１０サブフレーム周期、２０サブフレーム周期、４０サブフレーム周期又は８０サブフレーム周期）で周期的に送信することができる。

【０１４７】

図９では、一つの無線フレームが１０個のサブフレーム（サブフレーム番号０乃至９）で構成されている。図９では、例えば、基地局のＣＳＩ－ＲＳの送信周期が１０ｍｓ（すなわち、１０サブフレーム）であり、ＣＳＩ－ＲＳ送信オフセット（Ｏｆｆｓｅｔ）は３である場合を示している。複数セルのＣＳＩ－ＲＳが時間上で均一に分布できるように、オフセット値は、基地局ごとにそれぞれ異なる値を有することができる。１０ｍｓの周期でＣＳＩ－ＲＳが送信される場合、オフセット値は０～９のいずれか一つを有することができる。同様に、例えば、５ｍｓの周期でＣＳＩ－ＲＳが送信される場合、オフセット値

は０～４のいずれか一つの値を有することができ、２０ｍｓの周期でＣＳＩ－ＲＳが送信される場合、オフセット値は０～１９のいずれか一つの値を有することができ、４０ｍｓの周期でＣＳＩ－ＲＳが送信される場合、オフセット値は０～３９のいずれか一つの値を有することができ、８０ｍｓの周期でＣＳＩ－ＲＳが送信される場合、オフセット値は０～７９のいずれか一つの値を有することができる。このオフセット値は、所定の周期でＣＳＩ－ＲＳを送信する基地局がＣＳＩ－ＲＳ送信を開始するサブフレームの値を表す。基地局がＣＳＩ－ＲＳの送信周期とオフセット値を知らせると、端末は、その値を用いて当該サブフレーム位置で基地局のＣＳＩ－ＲＳを受信することができる。端末は、受信したＣＳＩ－ＲＳを用いてチャネルを測定し、その結果としてＣＱＩ、ＰＭＩ及び／又はＲＩ（Ｒａｎｋ　Ｉｎｄｉｃａｔｏｒ）のような情報を基地局に報告することができる。本文書で、ＣＱＩ、ＰＭＩ及びＲＩを区別して説明する場合以外は、これらを総称してＣＱＩ（又は、ＣＳＩ）ということができる。また、ＣＳＩ－ＲＳに関連した上記の情報は、セル－特定情報であり、セル内の端末に共通に適用することができる。また、ＣＳＩ－ＲＳ送信周期及びオフセットは、ＣＳＩ－ＲＳ設定別に異なるように指定することができる。例えば、後述するように、０の送信電力で送信されるＣＳＩ－ＲＳを示すＣＳＩ－ＲＳ設定及び０でない（ｎｏｎ－ｚｅｒｏ）送信電力で送信されるＣＳＩ－ＲＳを示すＣＳＩ－ＲＳ設定に対して別々のＣＳＩ－ＲＳ送信周期及びオフセットを設定することができる。

【０１４８】

ＰＤＳＣＨ送信が可能な全てのサブフレームで送信されるＣＲＳとは違い、ＣＳＩ－ＲＳは、一部のサブフレームでのみ送信されるように設定することができる。例えば、上位層でＣＳＩサブフレームセット$C_{CSI,0}$及び$C_{CSI,1}$を設定することができる。ＣＳＩレファレンスリソース（すなわち、ＣＳＩ計算の基準となる所定のリソース領域）は、$C_{CSI,0}$又は$C_{CSI,1}$のいずれかに属してもよく、$C_{CSI,0}$及び$C_{CSI,1}$のいずれにも属さなくてもよい。このため、ＣＳＩサブフレームセット$C_{CSI,0}$及び$C_{CSI,1}$が上位層によって設定される場合に、端末は、ＣＳＩサブフレームセットのいずれにも属さないサブフレームに存在するＣＳＩレファレンスリソースに対するトリガー（又は、ＣＳＩ計算に対する指示）を受けることを期待しなくてもよい。

【０１４９】

また、ＣＳＩレファレンスリソースは、有効な下りリンクサブフレーム上で設定されてもよい。有効な下りリンクサブフレームは、様々な要件を満たすサブフレームと設定することができる。それらの要件の一つは、周期的ＣＳＩ報告の場合に、端末に対してＣＳＩサブフレームセットが設定されると、周期的ＣＳＩ報告にリンク（ｌｉｎｋ）されるＣＳＩサブフレームセットに属するサブフレームであろう。

【０１５０】

また、ＣＳＩレファレンスリソースで、端末は次のような仮定を考慮してＣＱＩインデックスを導出することができる（詳細な事項は、３ＧＰＰ　ＴＳ　３６．２１３を参照する）：

－　１サブフレームの先頭３個のＯＦＤＭシンボルは制御シグナリングによって占有される

－　１次同期信号（ｐｒｉｍａｒｙ　ｓｙｎｃｈｒｏｎｉｚａｔｉｏｎ　ｓｉｇｎａｌ）、２次（ｓｅｃｏｎｄａｒｙ）同期信号又は物理放送チャネル（ＰＢＣＨ）によって用いられるリソース要素はない

－　非－ＭＢＳＦＮ（ｎｏｎ－Ｍｕｌｔｉｃａｓｔ　Ｂｒｏａｄｃａｓｔ　Ｓｉｎｇｌｅ　Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ　Ｎｅｔｗｏｒｋ）サブフレームのＣＰ長

－　リダンダンシバージョン（Ｒｅｄｕｎｄａｎｃｙ　Ｖｅｒｓｉｏｎ）は０である

－　チャネル測定のためにＣＳＩ－ＲＳが用いられる場合、ＰＤＳＣＨ　ＥＰＲＥ（Ｅｎｅｒｇｙ　Ｐｅｒ　Ｒｅｓｏｕｒｃｅ　Ｅｌｅｍｅｎｔ）対ＣＳＩ－ＲＳ　ＥＰＲＥの比（ｒａｔｉｏ）は所定の規則に従う

－送信モード９（すなわち、最大８レイヤ送信を支援するモード）におけるＣＳＩ報告の場合に、端末に対してＰＭＩ／ＲＩ報告が設定されると、ＤＭＲＳオーバーヘッドは最

も最近に報告されたランクに一致すると仮定する（例えば、ＤＭＲＳオーバーヘッドは、図７で説明した通り、２個以上のアンテナポート（すなわち、ランク２以下）の場合には、一つのリソースブロック対におけるＤＭＲＳオーバーヘッドが１２　ＲＥであるが、３個以上のアンテナポート（すなわち、ランク３以上）の場合には、２４　ＲＥであるから、最も最近に報告されたランク値に対応するＤＭＲＳオーバーヘッドを仮定してＣＱＩインデックスを計算することができる。）

－ＣＳＩ－ＲＳ及び０－電力ＣＳＩ－ＲＳに対してＲＥが割り当てられない

－ＰＲＳ（Ｐｏｓｉｔｉｏｎｉｎｇ　ＲＳ）に対してはＲＥが割り当てられない

－ＰＤＳＣＨ送信技法は、端末に対して現在設定されている送信モード（デフォルトモードであってもよい）に従う

－ＰＤＳＣＨ　ＥＰＲＥ対セル－特定参照信号ＥＰＲＥの比（ｒａｔｉｏ）は所定の規則に従う

このようなＣＳＩ－ＲＳ設定は、例えば、ＲＲＣ（Ｒａｄｉｏ　Ｒｅｓｏｕｒｃｅ　Ｃｏｎｔｒｏｌ）シグナリングを用いて基地局が端末に知らせることができる。すなわち、専用（ｄｅｄｉｃａｔｅｄ）ＲＲＣシグナリングを用いてＣＳＩ－ＲＳ設定に関する情報がセル内の各端末に提供されるようにすることができる。例えば、端末が初期アクセス又はハンドオーバーによって基地局と接続（ｃｏｎｎｅｃｔｉｏｎ）を確立（ｅｓｔａｂｌｉｓｈ）する過程で、基地局が当該端末にＲＲＣシグナリングでＣＳＩ－ＲＳ設定を知らせるようにすることができる。又は、基地局が端末にＣＳＩ－ＲＳ測定に基づくチャネル状態フィードバックを要求するＲＲＣシグナリングメッセージを送信する時、当該ＲＲＣシグナリングメッセージでＣＳＩ－ＲＳ設定を当該端末に知らせるようにすることもできる。

【０１５１】

一方、ＣＳＩ－ＲＳが存在する時間位置、すなわち、セル－特定サブフレーム設定周期及びセル－特定サブフレームオフセットは、例えば、次の表１のようにまとめることができる。

【０１５２】

【表１】

【表1】

ＣＳＩ－ＲＳサブフレーム設定I_{CSI-RS}	ＣＳＩ－ＲＳ周期 T_{CSI-RS}（サブフレーム）	ＣＳＩ－ＲＳサブフレームオフセット Δ_{CSI-RS}（サブフレーム）
0–4	5	I_{CSI-RS}
5–14	10	$I_{CSI-RS}-5$
15–34	20	$I_{CSI-RS}-15$
35–74	40	$I_{CSI-RS}-35$
75–154	80	$I_{CSI-RS}-75$

【０１５３】

前述したように、パラメータ

【０１５４】

【化２２】

$$I_{CSI-RS}$$

【０１５５】

は、端末が０でない送信電力と仮定するＣＳＩ－ＲＳと、０の送信電力と仮定するＣＳＩ－ＲＳに対して別に（ｓｅｐａｒａｔｅｌｙ）設定することができる。ＣＳＩ－ＲＳを含むサブフレームは、次の式１２のように表現することができる（式１２で、n_fはシステムフレーム番号であり、n_sはスロット番号である）。

【０１５６】
【数１２】

【数１２】

$$(10n_f + \lfloor n_s/2 \rfloor - \Delta_{CSI-RS}) \bmod T_{CSI-RS} = 0$$

【０１５７】
下記の表２のように定義されるＣＳＩ－ＲＳ－Ｃｏｎｆｉｇ情報要素（ＩＥ）は、ＣＳＩ－ＲＳ設定を特定するために用いることができる。
【０１５８】
【表２】

【表2】

```
CSI-RS-Config information elements
-- ASN1START

CSI-RS-Config-r10 ::=     SEQUENCE {
    csi-RS-r10                CHOICE {
        release                   NULL,
        setup                     SEQUENCE {
            antennaPortsCount-r10         ENUMERATED {an1, an2, an4, an8},
            resourceConfig-r10            INTEGER (0..31),
            subframeConfig-r10            INTEGER (0..154),
            p-C-r10                       INTEGER (-8..15)
        }
    }                                                         OPTIONAL,          -- Need ON
    zeroTxPowerCSI-RS-r10     CHOICE {
        release                   NULL,
        setup                     SEQUENCE {
            zeroTxPowerResourceConfigList-r10 BIT STRING (SIZE (16)),
            zeroTxPowerSubframeConfig-r10     INTEGER (0..154)
        }
    }                                                         OPTIONAL           -- Need ON
}

-- ASN1STOP
```

【０１５９】
上記の表２で、アンテナポートカウント（ａｎｔｅｎｎａＰｏｒｔｓＣｏｕｎｔ）パラメータは、ＣＳＩ－ＲＳの送信のために用いられるアンテナポート（すなわち、ＣＳＩ－ＲＳポート）の個数を示し、ａｎ１は１個に該当し、ａｎ２は２個に該当する。
【０１６０】
上記の表２で、ｐ＿Ｃパラメータは、ＵＥがＣＳＩフィードバックを誘導（ｄｅｒｉｖｅ）する時に仮定するＰＤＳＣＨ　ＥＰＲＥ（Ｅｎｅｒｇｙ　Ｐｅｒ　Ｒｅｓｏｕｒｃｅ　Ｅｌｅｍｅｎｔ）とＣＳＩ－ＲＳ　ＥＰＲＥとの比率を示す。
【０１６１】
上記の表２で、リソース設定（ｒｅｓｏｕｒｃｅＣｏｎｆｉｇ）パラメータは、例えば、図８のようなＲＢ対でＣＳＩ－ＲＳがマップされるリソース要素の位置を決定する値を有する。
【０１６２】
上記の表２で、サブフレーム設定（ｓｕｂｆｒａｍｅＣｏｎｆｉｇ）パラメータは、上記の表１における

【化２２－１】

$$I_{\mathrm{CSI\text{–}RS}}$$

に該当する。

【０１６３】

上記の表２で、ｚｅｒｏＴｘＰｏｗｅｒＲｅｓｏｕｒｃｅＣｏｎｆｉｇＬｉｓｔ及びｚｅｒｏＴｘＰｏｗｅｒＳｕｂｆｒａｍｅＣｏｎｆｉｇはそれぞれ、０の送信電力のＣＳＩ－ＲＳに対するｒｅｓｏｕｒｃｅＣｏｎｆｉｇ及びｓｕｂｆｒａｍｅＣｏｎｆｉｇに該当する。

【０１６４】

上記の表２のＣＳＩ－ＲＳ設定ＩＥに関するより具体的な事項は、標準文書ＴＳ　３６．３３１を参照することができる。

【０１６５】

（チャネル状態情報（ＣＳＩ））

ＭＩＭＯ方式は開－ループ（ｏｐｅｎ－ｌｏｏｐ）方式と閉－ループ（ｃｌｏｓｅｄ－ｌｏｏｐ）方式とに区別できる。開－ループＭＩＭＯ方式は、ＭＩＭＯ受信端からのチャネル状態情報のフィードバックが無しで送信端でＭＩＭＯ送信を行う方式を意味する。閉－ループＭＩＭＯ方式は、ＭＩＭＯ受信端からチャネル状態情報のフィードバックを受けて送信端でＭＩＭＯ送信を行う方式を意味する。閉－ループＭＩＭＯ方式では、ＭＩＭＯ送信アンテナの多重化利得（ｍｕｌｔｉｐｌｅｘｉｎｇ　ｇａｉｎ）を得るために送信端と受信端のそれぞれがチャネル状態情報に基づいてビームフォーミングを行うことができる。受信端（例えば、端末）がチャネル状態情報をフィードバックできるように、送信端（例えば、基地局）は受信端（例えば、端末）に上り制御チャネル又は上り共有チャネルを割り当てることができる。

【０１６６】

端末は、ＣＲＳ及び／又はＣＳＩ－ＲＳを用いて下りリンクチャネルに対する推定及び／又は測定を行うことができる。端末によって基地局にフィードバックされるチャネル情報（ＣＳＩ）は、ランク指示子（ＲＩ）、プリコーディング行列インデックス（ＰＭＩ）及びチャネル品質指示子（ＣＱＩ）を含むことができる。

【０１６７】

ＲＩは、チャネルランクに関する情報である。チャネルのランクは、同一の時間－周波数リソースを介して互いに異なる情報を送信できるレイヤ（又は、ストリーム）の最大個数を意味する。ランク値は、チャネルのロング－ターム（ｌｏｎｇ　ｔｅｒｍ）フェーディングによって主に決定されるため、ＰＭＩ及びＣＱＩに比べてより長い周期でフィードバックされてもよい。

【０１６８】

ＰＭＩは、送信端からの送信に用いられるプリコーディング行列に関する情報であり、チャネルの空間特性を反映する値である。プリコーディングとは、送信レイヤを送信アンテナにマップさせることを意味し、プリコーディング行列によってレイヤ－アンテナマッピング関係を決定することができる。ＰＭＩとは、信号対雑音及び干渉比（Ｓｉｇｎａｌ－ｔｏ－Ｉｎｔｅｒｆｅｒｅｎｃｅ　ｐｌｕｓ　Ｎｏｉｓｅ　Ｒａｔｉｏ；ＳＩＮＲ）などの測定値（ｍｅｔｒｉｃ）を基準にして端末が好む（ｐｒｅｆｅｒｒｅｄ）基地局のプリコーディング行列インデックスに該当する。プリコーディング情報のフィードバックオーバーヘッドを減らすために、送信端と受信端の両方で、様々なプリコーディング行列を含むコードブックを予め共有しており、当該コードブックにおいて特定プリコーディング行列を示すインデックスのみをフィードバックする方式を用いることができる。例えば、最も最近に報告されたＲＩに基づいてＰＭＩを決定することができる。

【０１６９】

ＣＱＩは、チャネル品質又はチャネル強度を示す情報である。ＣＱＩは、予め決定され

たＭＣＳ組合せとして表現することができる。すなわち、フィードバックされるＣＱＩインデックスは、該当する変調技法（ｍｏｄｕｌａｔｉｏｎ　ｓｃｈｅｍｅ）及びコードレート（ｃｏｄｅ　ｒａｔｅ）を示す。ＣＱＩは、特定リソース領域（例えば、有効のサブフレーム及び／又は物理リソースブロックによって特定される領域）をＣＱＩレファレンスリソースと設定し、当該ＣＱＩレファレンスリソースでＰＤＳＣＨ送信が存在すると仮定したうえ、所定のエラー確率（例えば、０．１）を越えることなくＰＤＳＣＨが受信され得る場合を仮定して計算することができる。一般に、ＣＱＩは、基地局がＰＭＩを用いて空間チャネルを構成する場合に得られる受信ＳＩＮＲを反映する値となる。例えば、最も最近に報告されたＲＩ及び／又はＰＭＩに基づいてＣＱＩを計算することができる。

【０１７０】

拡張されたアンテナ構成を支援するシステム（例えば、ＬＴＥ－Ａシステム）では、複数ユーザー－ＭＩＭＯ（ＭＵ－ＭＩＭＯ）方式を用いて更なる複数ユーザーダイバーシチを取得することを考慮している。ＭＵ－ＭＩＭＯ方式では、アンテナ領域（ｄｏｍａｉｎ）で多重化される端末間の干渉チャネルが存在するため、複数ユーザーのうち一つの端末がフィードバックするチャネル状態情報を用いて基地局で下りリンク送信を行う場合に他の端末に干渉が生じないようにする必要がある。したがって、ＭＵ－ＭＩＭＯ動作が正しく行われるためには、単一ユーザー－ＭＩＭＯ（ＳＵ－ＭＩＭＯ）方式に比べてより高正確度のチャネル状態情報がフィードバックされなければならない。

【０１７１】

このように、より正確なチャネル状態情報を測定及び報告するには、既存のＲＩ、ＰＭＩ及びＣＱＩで構成されるＣＳＩを改善した新しいＣＳＩフィードバック方案を適用することができる。例えば、受信端がフィードバックするプリコーディング情報を２個のＰＭＩ（例えば、ｉ１及びｉ２）の組合せによって示してもよい。これによって、より精度のＰＭＩがフィードバックされ、このような精度のＰＭＩに基づいてより精度なＣＱＩを計算及び報告することができる。

【０１７２】

一方、ＣＳＩは、周期的にＰＵＣＣＨで送信されてもよく、非周期的にＰＵＳＣＨで送信されてもよい。また、ＲＩ、第１のＰＭＩ（例えば、Ｗ１）、第２のＰＭＩ（例えば、Ｗ２）、ＣＱＩのいずれがフィードバックされるか、及びフィードバックされるＰＭＩ及び／又はＣＱＩが広帯域（ＷＢ）に対するものか又はサブ帯域（ＳＢ）に対するものかによって、様々な報告モードを定義することができる。

【０１７３】

（ＣＱＩ計算）

以下では、下りリンク受信端が端末である場合を仮定してＣＱＩ計算について具体的に説明する。しかし、本発明で説明する内容は、下りリンク受信主体としての中継機にも同一に適用することができる。

【０１７４】

端末がＣＳＩを報告する時にＣＱＩを計算する基準となるリソース（以下では、レファレンスリソース（ｒｅｆｅｒｅｎｃｅ　ｒｅｓｏｕｒｃｅ）と称する）を設定／定義する方案について説明する。まず、ＣＱＩの定義についてより具体的に説明する。

【０１７５】

端末の報告するＣＱＩは、特定インデックス値に該当する。ＣＱＩインデックスは、チャネル状態に該当する変調技法、コードレートなどを示す値である。例えば、ＣＱＩインデックス及びその解釈は、次の表３のように与えることができる。

【０１７６】

【表３】

【表3】

CQI index	modulation	code rate x 1024	efficiency
0	out of range		
1	QPSK	78	0.1523
2	QPSK	120	0.2344
3	QPSK	193	0.3770
4	QPSK	308	0.6016
5	QPSK	449	0.8770
6	QPSK	602	1.1758
7	16QAM	378	1.4766
8	16QAM	490	1.9141
9	16QAM	616	2.4063
10	64QAM	466	2.7305
11	64QAM	567	3.3223
12	64QAM	666	3.9023
13	64QAM	772	4.5234
14	64QAM	873	5.1152
15	64QAM	948	5.5547

【０１７７】

時間及び周波数で制限されない観察に基づいて、端末は、上りリンクサブフレームｎで報告されるそれぞれのＣＱＩ値に対して、上記の表３のＣＱＩインデックス１乃至１５のうち、所定の要件を満たす最高のＣＱＩインデックスを決定することができる。所定の要件は、当該ＣＱＩインデックスに該当する変調技法（例えば、ＭＣＳ）及び伝送ブロックサイズ（ＴＢＳ）の組合せで、ＣＱＩレファレンスリソースと呼ばれる下りリンク物理リソースブロックのグループを占める単一ＰＤＳＣＨ伝送ブロックが、０．１（すなわち、１０％）を越えない伝送ブロックエラー確率で受信されるものと定めることができる。仮に、ＣＱＩインデックス１も上記の要件を満たさない場合には、端末はＣＱＩインデックス０と決定することができる。

【０１７８】

送信モード９（最大８レイヤまでの送信に該当する）及びフィードバック報告モードの場合に、端末は、ＣＳＩ－ＲＳのみに基づいて、上りリンクサブフレームｎで報告されるＣＱＩ値を計算するためのチャネル測定を行うことができる。他の送信モード及び該当する報告モードでは、端末はＣＲＳに基づいてＣＱＩ計算のためのチャネル測定を行うことができる。

【０１７９】

下記の要件を全て満たす場合に、変調技法及び伝送ブロックサイズの組合せは、一つのＣＱＩインデックスに該当しうる。関連した伝送ブロックサイズテーブルによってＣＱＩレファレンスリソースにおけるＰＤＳＣＨ上の送信に対して上記の組合せがシグナリングされ、変調技法が当該ＣＱＩインデックスによって指定され、及び、伝送ブロックサイズ及び変調技法の組合せが上記レファレンスリソースに適用される場合に、当該ＣＱＩインデックスによって指定されるコードレートに一番近い有効チャネルコードレートを有するものが、上記の要件に該当する。伝送ブロックサイズ及び変調技法の組合せの２個以上が、当該ＣＱＩインデックスによって指定されるコードレートに同程度で近い場合には、伝送ブロックサイズが最小である組合せと決定されてもよい。

【０１８０】

ＣＱＩレファレンスリソースは、次のように定義される。

【０１８１】

周波数領域でＣＱＩレファレンスリソースは、導出されたＣＱＩ値が関連している帯域に該当する下りリンク物理リソースブロックのグループと定義される。

【０１８２】

時間領域でＣＱＩレファレンスリソースは、単一下りリンクサブフレームｎ－ｎＣＱＩ＿ｒｅｆと定義される。ここで、周期的ＣＱＩ報告の場合には、ｎＣＱＩ＿ｒｅｆは、４以上の値のうち、最小の値であるとととともに、下りリンクサブフレームｎ－ｎＣＱＩ＿ｒｅｆが有効の下りリンクサブフレームに該当する値に決定される。非周期的ＣＱＩ報告の場合には、ｎＣＱＩ＿ｒｅｆは、上りリンクＤＣＩフォーマット（すなわち、上りリンクスケジューリング制御情報を端末に提供するためのＰＤＣＣＨ　ＤＣＩフォーマット）におけるＣＱＩ要請に該当する（又は、ＣＱＩ要請が受信された）有効の下りリンクサブフレームと同じ下りリンクサブフレームが、ＣＱＩレファレンスリソースと決定される。また、非周期的ＣＱＩ報告の場合に、ｎＣＱＩ＿ｒｅｆは４であり、下りリンクサブフレームｎ－ｎＣＱＩ＿ｒｅｆは有効の下りリンクサブフレームに該当し、ここで、下りリンクサブフレームｎ－ｎＣＱＩ＿ｒｅｆは、任意接続応答グラント（ｒａｎｄｏｍ　ａｃｃｅｓｓ　ｒｅｓｐｏｎｓｅ　ｇｒａｎｔ）におけるＣＱＩ要請に該当する（又は、ＣＱＩ要請が受信された）サブフレーム以降に受信さてもよい。ここで、有効の下りリンクサブフレームとは、当該端末に対して下りリンクサブフレームと設定され、送信モード９以外はＭＢＳＦＮサブフレームではなく、ＤｗＰＴＳの長さが７６８０＊Ｔｓ（Ｔｓ＝１／（１５０００×２０４８）秒）以下である場合にＤｗＰＴＳフィールドを含まず、そして、当該端末に対して設定された測定ギャップに属しない下りリンクサブフレームを意味する。仮に、ＣＱＩレファレンスリソースのための有効の下りリンクサブフレームがないと、上りリンクサブフレームｎでＣＱＩ報告は省略されてもよい。

【０１８３】

レイヤ領域でＣＱＩレファレンスリソースは、ＣＱＩが前提とする任意のＲＩ及びＰＭＩと定義される。

【０１８４】

ＣＱＩレファレンスリソースで端末がＣＱＩインデックスを誘導するために次の事項を仮定することができる：（１）下りリンクサブフレームにおける先頭の３　ＯＦＤＭシンボルは、制御シグナリングの用途に用いられる。（２）１次同期信号、２次同期信号又は物理放送チャネルによって用いられるリソース要素はない。（３）非－ＭＢＳＦＮサブフレームのＣＰ長を有する。（４）リダンダンシバージョンは０である。（５）チャネル測定のためにＣＳＩ－ＲＳが用いられる場合、ＰＤＳＣＨ　ＥＰＲＥ対ＣＳＩ－ＲＳ　ＥＰＲＥの比率は、上位層によってシグナリングされる所定の値を有する。（６）送信モード別に定義されたＰＤＳＣＨ送信技法（単一アンテナポート送信、送信ダイバーシチ、空間多重化、ＭＵ－ＭＩＭＯなど）が当該端末に対して現在設定されている（デフォルトモードであってもよい）。（７）チャネル測定のためにＣＲＳが用いられる場合、ＰＤＳＣＨ　ＥＰＲＥ対ＣＲＳ　ＥＰＲＥは所定の要件によって決定されてもよい。ＣＱＩ定義に関するさらに具体的な事項は、３ＧＰＰ　ＴＳ　３６．２１３を参照することができる。

【０１８５】

要するに、下りリンク受信端（例えば、端末）は、現在ＣＱＩ計算を行う時点を基準に過去の特定の単一サブフレームをＣＱＩレファレンスリソースと設定し、当該ＣＱＩレファレンスリソースで基地局からＰＤＳＣＨが送信された時、そのエラー確率が１０％を越えない条件を満たすようにＣＱＩ値を計算することができる。

【０１８６】

（コードブックベースのプリコーディング技法）

多重アンテナ送信を支援するために、送信情報をそれぞれのアンテナにチャネル状況などに応じて適切に分配するプリコーディング（ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ）を適用することができる。コードブック（Ｃｏｄｅｂｏｏｋ）ベースのプリコーディング技法とは、送信端と受信端でプリコーディング行列の集合をあらかじめ定めておき、受信端が送信端からのチャネル情報を測定して最も好適なプリコーディング行列が何であるか（すなわち、プリコ

ーディング行列インデックス（Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ　Ｍａｔｒｉｘ　Ｉｎｄｅｘ；ＰＭＩ）を送信端にフィードバックし、送信端は、ＰＭＩに基づいて好適なプリコーディングを信号伝送に適用する技法のことをいう。あらかじめ定められたプリコーディング行列集合の中から好適なプリコーディング行列を選択する方式であるため、常に最適のプリコーディングが適用されるわけではないが、実際にチャネル情報に最適のプリコーディング情報を明示的に（ｅｘｐｌｉｃｉｔｌｙ）フィードバックする場合に比べてフィードバックオーバーヘッドを減らすことができる。

【０１８７】

図１０は、コードブックベースのプリコーディングの基本概念を説明するための図である。

【０１８８】

コードブックベースのプリコーディング方式では、送信端と受信端は、送信ランク、アンテナ個数などによってあらかじめ定められた所定個数のプリコーディング行列を含むコードブック情報を共有する。すなわち、フィードバック情報が有限な（ｆｉｎｉｔｅ）場合に、プリコーディングベースのコードブック方式を用いることができる。受信端は、受信信号からチャネル状態を測定し、上述のコードブック情報に基づいて有限な個数の好むプリコーディング行列情報（すなわち、該当のプリコーディング行列のインデックス）を送信端にフィードバックすることができる。例えば、受信端では、ＭＬ（Ｍａｘｉｍｕｍ　Ｌｉｋｅｌｉｈｏｏｄ）又はMMSE（Ｍｉｎｉｍｕｍ　Ｍｅａｎ　Ｓｑｕａｒｅ　Ｅｒｒｏｒ）方式で受信信号を測定して最適のプリコーディング行列を選択することができる。図１０では、受信端が送信端にプリコーディング行列情報をコードワード別に送信しているが、これに限定されることはない。

【０１８９】

受信端からフィードバック情報を受信した送信端は、受信した情報に基づいてコードブックから特定プリコーディング行列を選択することができる。プリコーディング行列を選択した送信端は、送信ランクに対応する個数のレイヤ信号に、選択されたプリコーディング行列を掛ける方式でプリコーディングを行い、プリコーディングの行われた伝送信号を複数のアンテナから送信することができる。プリコーディング行列において行（ｒｏｗ）の個数はアンテナの個数と同一であり、列（ｃｏｌｕｍｎ）の個数はランク値と同一である。ランク値はレイヤの個数と同一であるため、列の個数はレイヤ個数と同一である。例えば、送信アンテナの個数が４であり、送信レイヤの個数が２である場合には、プリコーディング行列を４×２行列とすることができる。プリコーディング行列によってそれぞれのレイヤで送信される情報をそれぞれのアンテナにマップすることができる。

【０１９０】

送信端でプリコーディングされて送信された信号を受信した受信端は、送信端で行われたプリコーディングの逆処理を行って受信信号を復元することができる。一般に、プリコーディング行列は$U*U^{H}=I$のようなユニタリー行列（Ｕ）条件を満たしているため、上述したプリコーディングの逆処理は、送信端におけるプリコーディングに用いられたプリコーディング行列（Ｐ）のエルミート（Ｈｅｒｍｉｔ）行列（P^{H}）を受信信号に掛ける方式で行うことができる。

【０１９１】

例えば、次の表４には、３ＧＰＰ　ＬＴＥリリース－８／９で２送信アンテナを用いた下りリンク送信に使われるコードブックを示し、表５には、３ＧＰＰ　ＬＴＥリリース－８／９で４送信アンテナを用いた下りリンク送信に使われるコードブックを示す。

【０１９２】

【表４】

【表4】

Codebook index	Number of rank	
	1	2
0	$\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}1\\1\end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}1 & 0\\0 & 1\end{bmatrix}$
1	$\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}1\\-1\end{bmatrix}$	$\frac{1}{2}\begin{bmatrix}1 & 1\\1 & -1\end{bmatrix}$
2	$\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}1\\j\end{bmatrix}$	$\frac{1}{2}\begin{bmatrix}1 & 1\\j & -j\end{bmatrix}$
3	$\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}1\\-j\end{bmatrix}$	-

【０１９３】

【表５】

【表5】

Codebook index	u_n	Number of layers υ			
		1	2	3	4
0	$u_0=\begin{bmatrix}1 & -1 & -1 & -1\end{bmatrix}^T$	$W_0^{\{1\}}$	$W_0^{\{14\}}/\sqrt{2}$	$W_0^{\{124\}}/\sqrt{3}$	$W_0^{\{1234\}}/2$
1	$u_1=\begin{bmatrix}1 & -j & 1 & j\end{bmatrix}^T$	$W_1^{\{1\}}$	$W_1^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_1^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_1^{\{1234\}}/2$
2	$u_2=\begin{bmatrix}1 & 1 & -1 & 1\end{bmatrix}^T$	$W_2^{\{1\}}$	$W_2^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_2^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_2^{\{3214\}}/2$
3	$u_3=\begin{bmatrix}1 & j & 1 & -j\end{bmatrix}^T$	$W_3^{\{1\}}$	$W_3^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_3^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_3^{\{3214\}}/2$
4	$u_4=\begin{bmatrix}1 & (-1-j)/\sqrt{2} & -j & (1-j)/\sqrt{2}\end{bmatrix}^T$	$W_4^{\{1\}}$	$W_4^{\{14\}}/\sqrt{2}$	$W_4^{\{124\}}/\sqrt{3}$	$W_4^{\{1234\}}/2$
5	$u_5=\begin{bmatrix}1 & (1-j)/\sqrt{2} & j & (-1-j)/\sqrt{2}\end{bmatrix}^T$	$W_5^{\{1\}}$	$W_5^{\{14\}}/\sqrt{2}$	$W_5^{\{124\}}/\sqrt{3}$	$W_5^{\{1234\}}/2$
6	$u_6=\begin{bmatrix}1 & (1+j)/\sqrt{2} & -j & (-1+j)/\sqrt{2}\end{bmatrix}^T$	$W_6^{\{1\}}$	$W_6^{\{13\}}/\sqrt{2}$	$W_6^{\{134\}}/\sqrt{3}$	$W_6^{\{1324\}}/2$
7	$u_7=\begin{bmatrix}1 & (-1+j)/\sqrt{2} & j & (1+j)/\sqrt{2}\end{bmatrix}^T$	$W_7^{\{1\}}$	$W_7^{\{13\}}/\sqrt{2}$	$W_7^{\{134\}}/\sqrt{3}$	$W_7^{\{1324\}}/2$
8	$u_8=\begin{bmatrix}1 & -1 & 1 & 1\end{bmatrix}^T$	$W_8^{\{1\}}$	$W_8^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_8^{\{124\}}/\sqrt{3}$	$W_8^{\{1234\}}/2$
9	$u_9=\begin{bmatrix}1 & -j & -1 & -j\end{bmatrix}^T$	$W_9^{\{1\}}$	$W_9^{\{14\}}/\sqrt{2}$	$W_9^{\{134\}}/\sqrt{3}$	$W_9^{\{1234\}}/2$
10	$u_{10}=\begin{bmatrix}1 & 1 & 1 & -1\end{bmatrix}^T$	$W_{10}^{\{1\}}$	$W_{10}^{\{13\}}/\sqrt{2}$	$W_{10}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{10}^{\{1324\}}/2$
11	$u_{11}=\begin{bmatrix}1 & j & -1 & j\end{bmatrix}^T$	$W_{11}^{\{1\}}$	$W_{11}^{\{13\}}/\sqrt{2}$	$W_{11}^{\{134\}}/\sqrt{3}$	$W_{11}^{\{1324\}}/2$
12	$u_{12}=\begin{bmatrix}1 & -1 & -1 & 1\end{bmatrix}^T$	$W_{12}^{\{1\}}$	$W_{12}^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_{12}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{12}^{\{1234\}}/2$
13	$u_{13}=\begin{bmatrix}1 & -1 & 1 & -1\end{bmatrix}^T$	$W_{13}^{\{1\}}$	$W_{13}^{\{13\}}/\sqrt{2}$	$W_{13}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{13}^{\{1324\}}/2$
14	$u_{14}=\begin{bmatrix}1 & 1 & -1 & -1\end{bmatrix}^T$	$W_{14}^{\{1\}}$	$W_{14}^{\{13\}}/\sqrt{2}$	$W_{14}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{14}^{\{3214\}}/2$
15	$u_{15}=\begin{bmatrix}1 & 1 & 1 & 1\end{bmatrix}^T$	$W_{15}^{\{1\}}$	$W_{15}^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_{15}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{15}^{\{1234\}}/2$

【０１９４】

上記の表５で、

【０１９５】

【化２３】

$W_n^{\{s\}}$は、$W_n = I - 2u_n u_n^H / u_n^H u_n$

【０１９６】

のように表現される式で構成されるセット

【０１９７】

【化２４】

$\{s\}$

【０１９８】
として得られる。ここで、
【０１９９】
【化２５】

I

【０２００】
は、４×４の単一行列を表し、
【０２０１】
【化２６】

u_n

【０２０２】
は表５で与えられる値である。
【０２０３】
上記の表４に示すように、２個の送信アンテナに対するコードブックは、合計７個のプリコーディングベクトル／行列を有する。ここで、単一行列は開－ループ（ｏｐｅｎ－ｌｏｏｐ）システムのためのものであるから、閉－ループ（ｌｏｏｐ）システムのプリコーディングのためのプリコーディングベクトル／行列は、合計６個となる。また、上記の表５に示すような４個の送信アンテナに対するコードブックは、合計６４個のプリコーディングベクトル／行列を有する。
【０２０４】
さらに、拡張されたアンテナ構成を支援するシステム（例えば、３ＧＰＰ　ＬＴＥリリース－１０又は後続システム）では、例えば、８個の送信アンテナを用いたＭＩＭＯ送信が行われてもよく、これを支援するためのコードブック設計が要求される。
【０２０５】
８個のアンテナポートで送信されるチャネルに対するＣＳＩ報告のために、下記の表６乃至１３のようなコードブックを使用することを考慮することができる。８個のＣＳＩ－ＲＳアンテナポートは、アンテナポートインデックス１５乃至２２で表現することができる。表６乃至表１３はそれぞれ、アンテナポート１５乃至２２を用いた１－レイヤ、２－レイヤ、３－レイヤ、４－レイヤ、５－レイヤ、６－レイヤ、７－レイヤ及び８－レイヤのＣＳＩ報告に対するコードブックの一例を示す。
【０２０６】
表６乃至表１３において、
【０２０７】
【化２６－１】

φ_n 及び v_m

【０２０８】
及び
は、式１３のように与えることができる。
【０２０９】

【数１３】

【数13】

$$\varphi_n = e^{j\pi n/2}$$

$$v_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/32} & e^{j4\pi m/32} & e^{j6\pi m/32} \end{bmatrix}^{\mathrm{T}}$$

【０２１０】

【表６】

【表6】

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0-15	$W^{(1)}_{2i_1,0}$	$W^{(1)}_{2i_1,1}$	$W^{(1)}_{2i_1,2}$	$W^{(1)}_{2i_1,3}$	$W^{(1)}_{2i_1+1,0}$	$W^{(1)}_{2i_1+1,1}$	$W^{(1)}_{2i_1+1,2}$	$W^{(1)}_{2i_1+1,3}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0-15	$W^{(1)}_{2i_1+2,0}$	$W^{(1)}_{2i_1+2,1}$	$W^{(1)}_{2i_1+2,2}$	$W^{(1)}_{2i_1+2,3}$	$W^{(1)}_{2i_1+3,0}$	$W^{(1)}_{2i_1+3,1}$	$W^{(1)}_{2i_1+3,2}$	$W^{(1)}_{2i_1+3,3}$
where $W^{(1)}_{m,n} = \frac{1}{\sqrt{8}}\begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n v_m \end{bmatrix}$								

【０２１１】

【表７】

【表7】

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0-15	$W^{(2)}_{2i_1,2i_1,0}$	$W^{(2)}_{2i_1,2i_1,1}$	$W^{(2)}_{2i_1+1,2i_1+1,0}$	$W^{(2)}_{2i_1+1,2i_1+1,1}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0-15	$W^{(2)}_{2i_1+2,2i_1+2,0}$	$W^{(2)}_{2i_1+2,2i_1+2,1}$	$W^{(2)}_{2i_1+3,2i_1+3,0}$	$W^{(2)}_{2i_1+3,2i_1+3,1}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0-15	$W^{(2)}_{2i_1,2i_1+1,0}$	$W^{(2)}_{2i_1,2i_1+1,1}$	$W^{(2)}_{2i_1+1,2i_1+2,0}$	$W^{(2)}_{2i_1+1,2i_1+2,1}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0-15	$W^{(2)}_{2i_1,2i_1+3,0}$	$W^{(2)}_{2i_1,2i_1+3,1}$	$W^{(2)}_{2i_1+1,2i_1+3,0}$	$W^{(2)}_{2i_1+1,2i_1+3,1}$
where $W^{(2)}_{m,m',n} = \frac{1}{4}\begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n v_m & -\varphi_n v_{m'} \end{bmatrix}$				

【０２１２】

【表８】

【表8】

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0–3	$W^{(3)}_{8i_1,8i_1,8i_1+8}$	$W^{(3)}_{8i_1+8,8i_1,8i_1+8}$	$\widetilde{W}^{(3)}_{8i_1,8i_1+8,8i_1+8}$	$\widetilde{W}^{(3)}_{8i_1+8,8i_1,8i_1}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0–3	$W^{(3)}_{8i_1+2,8i_1+2,4i_1+10}$	$W^{(3)}_{8i_1+10,8i_1+2,8i_1+10}$	$\widetilde{W}^{(3)}_{8i_1+2,8i_1+10,8i_1+10}$	$\widetilde{W}^{(3)}_{8i_1+10,8i_1+2,8i_1+2}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0–3	$W^{(3)}_{8i_1+4,8i_1+4,8i_1+12}$	$W^{(3)}_{8i_1+12,8i_1+4,8i_1+12}$	$\widetilde{W}^{(3)}_{8i_1+4,8i_1+12,8i_1+12}$	$\widetilde{W}^{(3)}_{8i_1+12,8i_1+4,8i_1+4}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0–3	$W^{(3)}_{8i_1+6,8i_1+6,8i_1+14}$	$W^{(3)}_{8i_1+14,8i_1+6,8i_1+14}$	$\widetilde{W}^{(3)}_{8i_1+6,8i_1+14,8i_1+14}$	$\widetilde{W}^{(3)}_{8i_1+14,8i_1+6,8i_1+6}$
where $W^{(3)}_{m,m',m''}=\frac{1}{\sqrt{24}}\begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ v_m & -v_{m'} & -v_{m''} \end{bmatrix}$, $\widetilde{W}^{(3)}_{m,m',m''}=\frac{1}{\sqrt{24}}\begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_{m''} \\ v_m & v_{m'} & -v_{m''} \end{bmatrix}$				

【０２１３】

【表９】

【表9】

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0–3	$W^{(4)}_{8i_1,8i_1+8,0}$	$W^{(4)}_{8i_1,8i_1+8,1}$	$W^{(4)}_{8i_1+2,8i_1+10,0}$	$W^{(4)}_{8i_1+2,8i_1+10,1}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7
0–3	$W^{(4)}_{8i_1+4,8i_1+12,0}$	$W^{(4)}_{8i_1+4,8i_1+12,1}$	$W^{(4)}_{8i_1+6,8i_1+14,0}$	$W^{(4)}_{8i_1+6,8i_1+14,1}$
where $W^{(4)}_{m,m',n}=\frac{1}{\sqrt{32}}\begin{bmatrix} v_m & v_{m'} & v_m & v_{m'} \\ \varphi_n v_m & \varphi_n v_{m'} & -\varphi_n v_m & -\varphi_n v_{m'} \end{bmatrix}$				

【０２１４】

【表１０】

【表10】

i_1	i_2
	0
0–3	$W^{(5)}_{i_1}=\frac{1}{\sqrt{40}}\begin{bmatrix} v_{2i_1} & v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} \\ v_{2i_1} & -v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & -v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} \end{bmatrix}$

【０２１５】

【表１１】

【表１１】

i_1	i_2 0
0–3	$W_{i_1}^{(6)}=\frac{1}{\sqrt{48}}\begin{bmatrix} v_{2i_1} & v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} & v_{2i_1+16} \\ v_{2i_1} & -v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & -v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} & -v_{2i_1+16} \end{bmatrix}$

【０２１６】

【表１２】

【表１２】

i_1	i_2 0
0–3	$W_{i_1}^{(7)}=\frac{1}{\sqrt{56}}\begin{bmatrix} v_{2i_1} & v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} & v_{2i_1+16} & v_{2i_1+24} \\ v_{2i_1} & -v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & -v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} & -v_{2i_1+16} & v_{2i_1+24} \end{bmatrix}$

【０２１７】

【表１３】

【表１３】

i_1	i_2 0
0	$W_{i_1}^{(8)}=\frac{1}{8}\begin{bmatrix} v_{2i_1} & v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} & v_{2i_1+16} & v_{2i_1+24} & v_{2i_1+24} \\ v_{2i_1} & -v_{2i_1} & v_{2i_1+8} & -v_{2i_1+8} & v_{2i_1+16} & -v_{2i_1+16} & v_{2i_1+24} & -v_{2i_1+24} \end{bmatrix}$

【０２１８】

（多重アンテナ配置）

図１１は、８送信アンテナを構成する例示を示す図である。

【０２１９】

図１１（ａ）は、Ｎ個のアンテナがグループ化無しで互いに独立したチャネルを構成する場合を示しており、一般に、これをＵＬＡ（Ｕｎｉｆｏｒｍ　Ｌｉｎｅａｒ　Ａｒｒａｙ）と称する。

【０２２０】

図１１（ｂ）では、２個のアンテナが対をなすＵＬＡ方式のアンテナ構成（Ｐａｉｒｅｄ　ＵＬＡ）を示す。この場合、対をなす２個のアンテナ間には関連したチャネルを有し、他の対におけるアンテナとは独立したチャネルを有することができる。

【０２２１】

足りない空間に多数の送信アンテナを設置すべき場合には、図１１（ａ）及び図１１（ｂ）のようなＵＬＡアンテナ構成が適合しないかもしれない。このため、図１１（ｃ）のように二重－極性（ｄｕａｌ－ｐｏｌｅ）（又は、クロス－極性（ｃｒｏｓｓ－ｐｏｌｅ））アンテナ構成を適用することを考慮することができる。このように送信アンテナを構成する場合には、アンテナ間の距離ｄが相対的に短くても、アンテナ相関度を低くすることにより独立したチャネルを構成することができ、よって、高収率のデータ送信が可能になる。

【０２２２】

図１１（ｃ）の例示では、合計N_T個の送信アンテナを配置する際、インデックス１，２，．．．，N_T／２までのグループ１と、インデックスN_T／２＋１，ＮＴ／２＋２，．．．，N_Tまでのグループ２とが直交する極性を有するように構成することができる。

アンテナグループ１の各アンテナは同一極性（例えば、垂直極性（ｖｅｒｔｉｃａｌ　ｐｏｌａｒｉｚａｔｉｏｎ））を有し、アンテナグループ２の各アンテナは、他の同一極性（例えば、水平極性（ｈｏｒｉｚｏｎｔａｌ　ｐｏｌａｒｉｚａｔｉｏｎ））を有することができる。また、２つのアンテナグループは同じ位置に位置する（ｃｏ－ｌｏｃａｔｅｄ）。例えば、アンテナ１とＮＴ／２＋１、アンテナ２とＮＴ／２＋２、アンテナ３とＮＴ／２＋３，．．．、アンテナＮＴ／２とＮＴはそれぞれ同じ位置に配置されてもよい。言い換えると、一つのアンテナグループ内のアンテナは、ＵＬＡ（Ｕｎｉｆｏｒｍ　Ｌｉｎｅａｒ　Ａｒｒａｙ）のように同じ極性を有し、一つのアンテナグループ内のアンテナ間の相関（ｃｏｒｒｅｌａｔｉｏｎ）は、線形位相増加（ｌｉｎｅａｒ　ｐｈａｓｅ　ｉｎｃｒｅｍｅｎｔ）特性を有する。また、アンテナグループ間の相関は、位相回転（ｐｈａｓｅ　ｒｏｔａｔｉｏｎ）された特性を有する。

【０２２３】

（１－次元アンテナ構造）

１－次元アンテナ配置は、図１１のようなＵＬＡ又はクロス－極性アンテナアレイ構成を含むことができる。このような１－次元アンテナ配置が適用される場合、前述したような参照信号送信及びＣＳＩフィードバック方案が適用される。すなわち、下りリンク送信における送信端と受信端（又は、基地局と端末）間のチャネルを推定するために、送信端は参照信号（例えば、ＣＲＳ又はＣＳＩ－ＲＳ）を受信端に送信し、受信端は、参照信号からチャネル状態を推定することができる。受信端は、参照信号から取得したチャネル情報に基づいて、下りリンクデータ送信に適すると予想されるランク、プリコーディング重み、及びこれに基づくＣＱＩを算出することができる。

【０２２４】

プリコーディングされた空間多重化（Ｐｒｅｃｏｄｅｄ　Ｓｐａｔｉａｌ　Ｍｕｌｔｉｐｌｅｘｉｎｇ）のようなＭＩＭＯ送信のためにはプリコーディング情報が要求されるが、プリコーディング重みは、コードブックの形態で構成することができる。

【０２２５】

例えば、４個の送信アンテナ（以下、４Ｔｘと表現する。）を用いるＭＩＭＯシステムにおいてＣＲＳを用いたプリコーディングされた空間多重化（ＳＭ）のためのＣＳＩフィードバックは、次のとおりである。４個の送信アンテナを有する基地局でＣＲＳを送信する時、それぞれのＲＳにマップされるアンテナポート（ＡＰ）のインデックスをＡＰ０、１、２、３とすれば、端末はＣＲＳを用いてＡＰ０、１、２、３からのチャネルを推定することができる。

【０２２６】

この場合、端末によって推定されたチャネルを表現する行列（又は、ベクトル）をＨとすれば、$H=[H_{11}H_{12}H_{13}H_{14};H_{21}H_{22}H_{23}H_{24};\ldots;H_{Nr1}H_{Nr2}H_{Nr3}H_{Nr4}]$として示すことができる。すなわち、ＨはＮｒ×Ｎｔサイズの行列（又は、ベクトル）で表現することができる。ここで、Ｎｒは受信アンテナの個数であり、Ｎｔは送信アンテナの個数である。

【０２２７】

また、端末は、基地局がプリコーディング重み行列（又は、ベクトル）W_m（ｋ）を用いてデータを送信すると仮定することができる。W_m（ｋ）で、ｍは送信ランクを意味し、ｋはＲａｎｋ－ｍのために定義されたプリコーディング重み行列（又は、ベクトル）のインデックスを意味する。$W_m(k)=[W_{11}W_{12}W_{13}\ldots W_{1m};W_{21}W_{22}W_{23}\ldots W_{2m};W_{31}W_{32}W_{33}\ldots W_{3m};\ldots;W_{41}W_{42}W_{43}\ldots W_{4m}]$として示すことができる。すなわち、$W_m$（ｋ）はＮｔ×ｍサイズの行列（又は、ベクトル）で表現することができる。

【０２２８】

また、端末は等価チャネルH_{eq}を算出することができる。等価チャネルH_{eq}は、推定されたチャネルＨとプリコーディング重みW_m（ｋ）との合成（すなわち、$H_{eq}=HW_m(k)$）によって計算したり、又は推定されたチャネルの共分散行列（Ｃｏｖａｒｉ

ａｎｃｅ　Ｍａｔｒｉｘ）Ｒとプリコーディング重みW_m（ｋ）との合成（すなわち、$H_{eq}=RW_m$（ｋ））によって計算することができる。端末は、等価チャネルH_{eq}に基づいて、下りリンク送信に適したランク及びプリコーディング重みを選択することができる。また、端末は、選択されたランク及びプリコーディング重みを適用した時に予想されるＣＱＩを計算することができる。

【０２２９】

他の例示として、８個の送信アンテナ（以下、８Ｔｘと表現する。）を用いるＭＩＭＯシステムにおいてＣＳＩ－ＲＳを用いたプリコーディングされた空間多重化（ＳＭ）のためのＣＳＩフィードバックは、次のとおりである。８個の送信アンテナを有する基地局でＣＳＩ－ＲＳを送信するとき、それぞれのＲＳにマップされるアンテナポート（ＡＰ）のインデックスをＡＰ１５、１６、１７、１８、１９、２０、２１、２２とすれば、端末はＣＳＩ－ＲＳを用いてＡＰ１５、１６、１７、１８、１９、２０、２１、２２からのチャネルを推定することができる。

【０２３０】

この場合、端末によって推定されたチャネルを表現する行列（又は、ベクトル）をＨとすれば、$H=[H_{11}H_{12}H_{13}H_{14}H_{15}H_{16}H_{17}H_{18};H_{21}H_{22}H_{23}H_{24}H_{25}H_{26}H_{27}H_{28};...;H_{Nr1}H_{Nr2}H_{Nr3}H_{Nr4}H_{Nr5}H_{Nr6}H_{Nr7}H_{Nr8}]$（ここで、Ｎｒは受信アンテナの個数）として示すことができる。

【０２３１】

また、端末は、基地局がプリコーディング重み行列（又は、ベクトル）W_m（ｋ）を用いてデータを送信すると仮定することができ、$W_m(k)=[W_{11}W_{12}W_{13}...W_{1m};W_{21}W_{22}W_{23}...W_{2m};W_{31}W_{32}W_{33}...W_{3m};...;W_{81}W_{82}W_{83}...W_{8m}]$として示すことができる。

【０２３２】

また、等価チャネルH_{eq}（ここで、$H_{eq}=HW_m$（ｋ）又は$H_{eq}=RW_m$（ｋ）によって計算される）に基づいて、端末は、下りリンク送信に適合したランク及びプリコーディング重みを選択し、選択されたランク及びプリコーディング重みを適用した時に予想されるＣＱＩを計算することができる。

【０２３３】

これによって、Ｎｔ個の送信アンテナを支援するＭＩＭＯシステムにおいて、端末は、上記のようにＣＲＳ又はＣＳＩ－ＲＳを用いて選択／計算されたＣＳＩ（例えば、ＲＩ、ＰＭＩ、ＣＱＩ）を基地局にフィードバックすることができる。基地局は、端末が報告するＣＳＩを考慮して下りリンク送信に適合したランク、プリコーディング重み、変調及びコーディング技法などを決定することができる。

【０２３４】

（２－次元アンテナ構造）

既存のＵＬＡのような１－次元アンテナ構造によって形成されるビームは、方位角（ａｚｉｍｕｔｈ　ａｎｇｌｅ）方向（例えば、水平ドメイン）にのみ特定され、仰角（ｅｌｅｖａｔｉｏｎ　ａｎｇｌｅ）方向（例えば、垂直ドメイン）には特定されず、２－次元ビームフォーミングしか支援されない。このような１－次元アンテナ構造（例えば、ＵＬＡ又はクロス－極性アレイ構成）は、方位角方向の適応的ビームフォーミング又は空間多重化を支援することができ、既存の無線通信システム（例えば、３ＧＰＰ　ＬＴＥリリース－８、９、１０、１１に従うシステム）ではそのためのＭＩＭＯ送受信技法しか設計されていない。

【０２３５】

一方、システム性能の向上を目的とする２－次元アンテナ構造ベースのＭＩＭＯ送受信技法を支援する場合、２－次元アンテナ構造によって形成されるビームは、方位角方向及び仰角方向への方向特定が可能であり、３－次元ビームフォーミングが可能になる。

【０２３６】

このように方位角及び仰角を特定してビームを形成する機能によれば、セクター特定高低（ｅｌｅｖａｔｉｏｎ）ビームフォーミング（例えば、垂直パターンビーム幅（ｂｅａｍｗｉｄｔｈ）及び／又はダウンチルト（ｄｏｗｎｔｉｌｔ）による適応的制御）、垂直ドメインにおける改善されたセクター化、ユーザ（又は、ＵＥ）－特定高低ビームフォーミングなどの新しいビームフォーミングを支援できるようになる。

【０２３７】

垂直セクター化（Ｖｅｒｔｉｃａｌ　Ｓｅｃｔｏｒｉｚａｔｉｏｎ）は、垂直セクターパターンの利得によって平均システム性能を高めることができ、一般に追加の標準技術支援が要求されない。

【０２３８】

ＵＥ－特定高低ビームフォーミングは、ＵＥ方向に垂直アンテナパターンを指定することによって、当該ＵＥに対するＳＩＮＲを向上させることができる。一方、垂直セクター化又はセクター－特定垂直ビームフォーミングとは違い、ＵＥ－特定高低ビームフォーミングには追加の標準テクニカルサポートが要求される。例えば、２－次元ポート構造を正しく支援するためには、ＵＥ－特定高低ビームフォーミングのためのＵＥのＣＳＩ測定とフィードバック方法が要求される。

【０２３９】

ＵＥ－特定高低ビームフォーミングを支援するためには、下りリンクＭＩＭＯ改善方案が要求される。下りリンクＭＩＭＯ改善方案は、例えば、ＵＥのＣＳＩフィードバック方式の改善（例えば、新しいコードブック設計、コードブック選択／アップデート／変形を支援する方案、ＣＳＩペイロードサイズ増加の最小化など）、ＵＥ－特定高低ビームフォーミングのためのＣＳＩ－ＲＳ設定の変更、ＵＥ－特定高低ビームフォーミングのための追加のアンテナポートの定義、ＵＥ－特定高低ビームフォーミングを支援するための下りリンク制御動作の改善（例えば、アンテナポートの個数が増加する場合に共通チャネルカバレッジ及び／又はＲＲＭ（Ｒａｄｉｏ　Ｒｅｓｏｕｒｃｅ　Ｍａｎａｇｅｍｅｎｔ）測定信頼度（ｒｅｌｉａｂｉｌｉｔｙ）を確保するための方案など）などの側面を含むことができる。

【０２４０】

また、改善された下りリンクＭＩＭＯ動作を設計する際、基地局（ｅＮＢ）アンテナ校正（ｃａｌｉｂｒａｔｉｏｎ）エラー（位相及び時間上のエラー）、推定（ｅｓｔｉｍａｔｉｏｎ）エラー、下りリンクオーバーヘッド、複雑度（ｃｏｍｐｌｅｘｉｔｙ）、フィードバックオーバーヘッド、逆方向互換性（ｂａｃｋｗａｒｄ　ｃｏｍｐａｔｉｂｉｌｉｔｙ）、実際ＵＥの具現、既存のフィードバックフレームワークの再使用、サブ帯域対広帯域フィードバックなどの様々な要素を考慮することができる。

【０２４１】

図１２は、アクティブアンテナアレイシステムの一般的な構造を説明するための図である。

【０２４２】

アクティブアンテナアレイシステム（Ａｃｔｉｖｅ　Ａｎｔｅｎｎａ　Ａｒｒａｙ　Ｓｙｓｔｅｍ；ＡＡＳ）の構造は、論理的に３個の主要機能ブロックとして表現することができる。３個の機能ブロックはそれぞれ、送受信器ユニットアレイ（Ｔｒａｎｓｃｅｉｖｅｒ　Ｕｎｉｔ　Ａｒｒａｙ；ＴＸＲＵＡ）、無線分配ネットワーク（Ｒａｄｉｏ　Ｄｉｓｔｒｉｂｕｔｉｏｎ　Ｎｅｔｗｏｒｋ；ＲＤＮ）、アンテナアレイ（Ａｎｔｅｎｎａ　Ａｒｒａｙ；ＡＡ）と呼ぶことができる。ＴＸＲＵは、ｅＮｏｄｅＢとインターフェースされ、ｅＮＢの基底帯域（ｂａｓｅ　ｂａｎｄ）プロセシングのための受信入力を提供したり、ｅＮＢの基底帯域プロセシングから送信出力を受信することができる。

【０２４３】

具体的に、ＴＸＲＵＡは、複数個の送信ユニットと複数個の受信ユニットを含むことができる。送信ユニットは、ＡＡＳ基地局から基底帯域入力を受けてＲＦ（Ｒａｄｉｏ　Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ）送信出力を提供することができ、ＲＦ送信出力は、ＲＤＮを介してＡ

Ａに分配されてもよい。受信ユニットは、ＡＡからＲＤＮを介して分配されたＲＦ受信入力を基底帯域プロセシングのための出力として提供することができる。

【０２４４】

すなわち、ＡＡＳは、ＡＡとアクティブＴＸＲＵＡを組み合わせる（ｃｏｍｂｉｎｅ）基地局システムと定義することができる。また、ＡＡＳはＲＤＮを含むことができる。このＲＤＮは、アクティブＴＸＲＵＡをＡＡから物理的に分離（ｐｈｙｓｉｃａｌｌｙ　ｓｅｐａｒａｔｅ）させるパッシブ（ｐａｓｓｉｖｅ）ネットワークであり、ＴＸＲＵＡとＡＡ間のマッピングを定義する。例えば、ＲＤＮは、ＴＸＲＵＡからのＫ個の送信出力を、ＡＡへのＬ個の出力に変換することができる。又は、ＲＤＮは、ＡＡからのＬ個の受信入力をＴＸＲＵＡへのＫ個の入力に変換することもできる。

【０２４５】

また、送信器ユニットと受信器ユニットは互いに分離されてもよく、アンテナ要素へのマッピングは、送信器ユニットと受信器ユニットにおいて互いに異なるように定義されてもよい。

【０２４６】

このようなＡＡＳを含む基地局システムは、送信ダイバーシチ、ビームフォーミング、空間多重化、又はこれらのいかなる組合せも支援するものと仮定することができる。

【０２４７】

図１３は、２－次元アンテナアレイ構造を説明するための図である。

【０２４８】

図１３（ａ）は、Ｍ×Ｎアンテナアレイを示し、それぞれのアンテナ要素には（０，０）から（Ｍ－１，Ｎ－１）までのインデックスが与えられている。図１３（ａ）のアンテナアレイで、１つの列（ｃｏｌｕｍｎ）又は１つの行（ｒｏｗ）はＵＬＡとなっていると見なすことができる。

【０２４９】

図１３（ｂ）は、Ｍ×（Ｎ／２）アンテナアレイを示し、それぞれのアンテナ要素は、（０，０）から（Ｍ－１，Ｎ／２－１）までのインデックスが与えらている。図１３（ｂ）のアンテナアレイで、１つの列又は１つの行は、クロス－極性アレイの対（ｐａｉｒ）となっていると見なすことができる。

【０２５０】

図１４は、ＡＡＳの幾何学的な説明のための図である。

【０２５１】

図１４では、ＵＲＡ（Ｕｎｉｆｏｒｍ　Ｒｅｃｔａｎｇｕｌａｒ　Ａｒｒａｙ）アンテナ構造によって形成される複数個の列（ｃｏｌｕｍｎ）を有するアレイファクター（ａｒｒａｙ　ｆａｃｔｏｒ）を説明するための３－次元空間（すなわち、ｘ、ｙ、ｚ軸によって定義される空間）を示す。ここで、ｙｚ平面上で水平方向に（又は、ｙ軸方向に）N_H個のアンテナ要素が存在し、垂直方向に（又は、ｚ軸方向に）N_V個のアンテナ要素が存在すると仮定する。また、水平方向のアンテナ要素間の間隔はd_Hと定義され、垂直方向のアンテナ要素間の間隔はd_Vと定義される。

【０２５２】

アンテナアレイ要素に作用する信号の方向はｕで表現される。このような信号方向の仰角（ｅｌｅｖａｔｉｏｎ　ａｎｇｌｅ）は

【化２６－２】

$$\theta$$

で表現され、信号方向の方位角（ａｚｉｍｕｔｈ　ａｎｇｌｅ）は

【化２６－２－１】

$$\varphi$$

【０２５３】

で表現される。
【０２５４】
図１５は、角度方向の定義を説明するための図である。
【０２５５】
図１５（ａ）に示すように、仰角
【０２５６】
【化２６－３】

θ

【０２５７】
は、９０°乃至－９０°の範囲の値と定義され、９０°に近いほど下方（又は、地表面）に向かう角度を表し、－９０°に近いほど上方に向かう角度を表し、０°は、アンテナアレイ要素に直角な（ｐｅｒｐｅｎｄｉｃｕｌａｒ）方向を表す値となる。また、図１５（ｂ）に示すように、方位角
【０２５８】
【化２６－４】

φ

【０２５９】
は、０°乃至１８０°の範囲の値と定義することができる。
【０２６０】
また、基準値によっては、信号方向の仰角
【０２６１】
【化２７】

θ

【０２６２】
を０°乃至１８０°の範囲の値と定義することもでき、この場合には、０°に近いほど下方（又は、地表面）に向かう角度を表し、１８０°に近いほど上方に向かう角度を表し、９０°は、アンテナアレイ要素に直角な方向を表す値となる。また、方位角
【０２６３】
【化２７－１】

φ

【０２６４】
は、－１８０°乃至１８０°の範囲の値と定義されてもよい。
【０２６５】
ＲＤＮは、それぞれのポートからの信号に対して複素重み（ｃｏｍｐｌｅｘ　ｗｅｉｇｈｔ）を与え、サブ－アレイに分散することにより、サイドローブレベル（ｓｉｄｅ　ｌｏｂｅ　ｌｅｖｅｌｓ）及びチルト角（ｔｉｌｔ　ａｎｇｌｅ）を制御することができる。複素重みを与えることは、振幅（ａｍｐｌｉｔｕｄｅ）重みを与えること及び位相シフト（ｐｈａｓｅ　ｓｈｉｆｔ）を含むことができる。アンテナ要素（ｍ，ｎ）に対する複素重み$w_{m,n}$は、下記の式１４のように与えることができる。
【０２６６】
【数１４】
【数１４】

$$w_{m,n}=\left|w_{m,n}\right|\exp\left(-j2\pi\lambda_0^{-1}\left(\overline{\phi}_{etilt}\cdot\overline{r}_{m,n}\right)\right),(m,n)\in S_p$$

【０２６７】

上記の式１４で、ｍ＝０，１，…，N_H又はｍ＝１，２，…，N_Hであり、ｎ＝０，１，…，N_V又はｎ＝１，２，…，N_Vである。S_pは、アンテナポートｐに関連したサブ－アレイのアンテナ要素のセットである。

【０２６８】

【化２８】

$$\left|w_{m,n}\right|$$

【０２６９】

は、アンテナ要素（ｍ，ｎ）に与えられる振幅重みである。λ_0は、自由－空間上における波長（ｗａｖｅｌｅｎｇｔｈ）を意味する。

【０２７０】

【化２９】

$$\overline{r}_{m,n}$$

【０２７１】

は、要素位置ベクトルであり、下記の式１５のように定義される。

【０２７２】

【化３０】

$$\overline{\phi}_{etilt}$$

【０２７３】

は、単位方向ベクトルであり、下記の式１６のように定義される。

【０２７４】

【数１５】

【数１５】

$$\overline{r}_{m,n}=\begin{bmatrix}0 & n\cdot d_H & m\cdot d_V\end{bmatrix}^T$$

【０２７５】

上記の式１５からわかるように、

【０２７６】

【化３１】

$$\overline{r}_{m,n}$$

【０２７７】

はアンテナ要素（ｍ，ｎ）の原点からの距離を意味することができる。

【０２７８】

【数１６】

【数１６】

$$\overline{\phi}_{etilt}=\begin{bmatrix}\cos\theta_{etilt}\cos\varphi_{escan} & \cos\theta_{etilt}\sin\varphi_{escan} & \sin\theta_{etilt}\end{bmatrix}^T$$

【０２７９】

上記の式１６で、

【０２８０】

【化３２】

θ_{etilt}

【０２８１】

は、垂直ステアリング角度（ｖｅｒｔｉｃａｌ　ｓｔｅｅｒｉｎｇ　ａｎｇｌｅ）又は仰角に対応し、

【０２８２】

【化３３】

φ_{escan}

【０２８３】

は、水平ステアリング角度（ｈｏｒｉｚｏｎｔａｌ　ｓｔｅｅｒｉｎｇ　ａｎｇｌｅ）又は方位角に対応する。すなわち、式１６は３次元空間上におけるビーム方向を角度で表現するものといえる。この観点で、ビームフォーミングは、それぞれのアンテナが経験する位相の差を同一に補償することによって、アンテナアレイから形成されるビームの方向を特定角度に調整することといえる。

【０２８４】

アンテナポートｐに対する放射（ｒａｄｉａｔｉｏｎ）パターンを意味するアンテナパターンA_pは、下記の式１７のように与えることができる。放射パターンは、アンテナポートｐによって形成されるビームの形状といえる。例えば、ビームの形状は、ある位置に向かって集束する薄い形態であってもよく、ある範囲に向かう太い形態であってもよい。

【０２８５】

【数１７】

【数１７】

$$A_p(\theta,\varphi) = A_E(\theta,\varphi) + 10\log_{10}\left(\left|\sum_{(m,n)\in S_p} w_{m,n}\cdot v_{m,n}\right|^2\right)$$

【０２８６】

上記の式１７で、

【０２８７】

【化３４】

$A_E(\varphi,\theta)$

【０２８８】

は、ｄＢ単位を有する複合アレイ要素パターン（ｃｏｍｐｏｓｉｔｅ　ａｒｒａｙ　ｅｌｅｍｅｎｔ　ｐａｔｔｅｒｎ）を意味し、下記の表１４に定義される要素パターンに従えばよい（表１４の要素パターンを適用する際に必要なパラメータ（例えば、列当たり放射要素の個数、列の個数、１つの列における最大アレイ利得など）の値は、例えば、ＴＲ（Ｔｅｃｈｎｉｃａｌ　Ｒｅｐｏｒｔ）３７．８４０文書を参照されたい。）。

【０２８９】

【表１４】

【表14】

Horizontal radiation pattern in dB	$A_{E,H}(\varphi) = -\min\left[12\left(\frac{\varphi}{\varphi_{3dB}}\right)^2, A_m\right] dB$
Front to back ratio	A_m =30dB
Vertical radiation pattern in dB	$A_{E,V}(\theta) = -\min\left[12\left(\frac{\theta}{\theta_{3dB}}\right)^2, SLA_v\right]$
Side lobe lower level	$SLA_v = 30dB$
Element pattern	$A_E(\varphi,\theta) = G_{E,\max} - \min\left\{-\left[A_{E,H}(\varphi) + A_{E,V}(\theta)\right], A_m\right\}$
Element Gain	$G_{E,max}$=8dBi

【０２９０】

上記の式１７で、

【０２９１】

【化３５】

$v_{m,n}$

【０２９２】

は、アレイ配置（ｐｌａｃｅｍｅｎｔ）による位相シフトファクターであり、下記の式１８のように与えられる。

【０２９３】

【数１８】

【数18】

$$v_{m,n} = \exp\left(j2\pi\lambda_0^{-1}\left(\overline{\phi}\cdot\overline{r}_{m,n}\right)\right),(m,n)\in S_p$$

【０２９４】

上記の式１８で、

【０２９５】

【化３６】

$\overline{\phi}$

【０２９６】

は下記の式１９のように与えられる。

【０２９７】

【数１９】

【数19】

$$\overline{\phi} = \left[\cos\theta\cos\varphi \quad \cos\theta\sin\varphi \quad \sin\theta\right]^T$$

【０２９８】

また、ＡＡＳの最大アンテナ利得（ｇａｉｎ）は、パッシブ最大アンテナ利得とケーブルネットワークの損失（ｌｏｓｓｅｓ）を合わせた値と定義されなければならない。

【０２９９】

次に、図１６及び図１７を参照して、平面アレイアンテナ（又は、ＵＲＡ）構成について説明する。

【０３００】
図１６は、平面アレイアンテナ構成を示す図であり、図１７は、角度方向の他の定義を説明するための図である。
【０３０１】
図１４の例示ではアンテナ要素（ｍ，ｎ）の２－次元配置を考慮したが、図１６の例示は、アンテナ要素（ｎ，ｍ）の２－次元配置を仮定して説明する。
【０３０２】
また、図１５の例示では、仰角
【０３０３】
【化３６－１】

$$\theta$$

【０３０４】
を－９０°乃至９０°の範囲の値と定義し（この場合、０°はアンテナアレイ要素に直角な方向を表す値となる）、方位角
【０３０５】
【化３６－２】

$$\varphi$$

【０３０６】
は、０°乃至１８０°の範囲の値と定義したが、図１７の例示では、他の基準値を用いて信号方向の角度を定義している。
【０３０７】
例えば、図１７（ａ）に示すように、仰角
【０３０８】
【化３６－３】

$$\theta$$

【０３０９】
を－９０°乃至９０°の範囲の値と定義し、－９０°に近いほど下方（又は、地表面）に向かう角度を表し、９０°に近いほど上方に向かう角度を表し、０°は、アンテナアレイ要素に直角方向を表す値となる。また、図１７（ｂ）に示すように、方位角
【０３１０】
【化３６－４】

$$\varphi$$

【０３１１】
を－９０°乃至９０°の範囲の値と定義してもよい。
【０３１２】
図１８は、２－次元アンテナ構成によるビームフォーミングの例示を示す図である。
【０３１３】
図１８（ａ）には、３－次元ビームフォーミングによる垂直セクター化（ｓｅｃｔｏｒｉｚａｔｉｏｎ）を示し、図１８（ｂ）には、３－次元ビームフォーミングによる垂直ビームフォーミングを示す。具体的に、図１８（ａ）に示すように、仰角でビームフォーミングできる場合には垂直ドメインのセクター化（ｓｅｃｔｏｒｉｚａｔｉｏｎ）が可能になり、各垂直セクター内で方位角によって水平ビームフォーミングを行うことができる。さらに、図１８（ｂ）に示すように、仰角ビームフォーミングを用いる場合、基地局のアンテナよりも高い箇所に位置しているユーザにも高品質の信号を送信することができる。
【０３１４】
図１９は、垂直ビームフォーミングの例示を説明するための図である。

【０３１５】
都心地域には様々な高さのビルが分布する。一般に、基地局アンテナは建物の屋上に位置するが、アンテナの位置している建物の高さは、周辺の建物より低い場合も高い場合もある。
【０３１６】
図１９（ａ）は、基地局アンテナの高さよりも高い周辺の建物を考慮したビームフォーミングの例示である。この場合、基地局アンテナと基地局周辺の高い建物との間には障害物がないことから、ＬＯＳ（Ｌｉｎｅ　ｏｆ　Ｓｉｇｈｔ）成分の強い空間チャネルが生成されうる。また、高い建物を指向するビームフォーミングでは、建物の高低による適応的ビームフォーミングの方が、建物内で水平方向の適応的ビームフォーミングよりも重要な要素となり得る。
【０３１７】
図１９（ｂ）は、基地局のアンテナの高さよりも低い周辺の建物を考慮したビームフォーミングの例示である。この場合、基地局アンテナから送信された信号が建物の屋上で屈折したり、他の建物又は地表面などで反射され、ＮＬＯＳ（ｎｏｎ－ｌｉｎｅ　ｏｆ　ｓｉｇｈｔ）成分を多く含む空間チャネルが生成されうる。このため、基地局で下方（又は、地表面）に向かう垂直ビームフォーミングを用いてユーザに信号を送信する際、特定空間（特に、建物に遮られた位置）では仰角及び方位角によって表現できる様々な経路を有する空間チャネルが生成されうる。
【０３１８】
（２－次元アンテナ構造を支援するためのプリコーディングコードブック設計方案）
本発明では、２－次元アンテナ構造によって可能となるＵＥ－特定高低ビームフォーミング、垂直セクター化などの技法を正確且つ効率的に支援するためのプリコーディングコードブック設計方案を提案する。
【０３１９】
既存のシステムでは、垂直にはビームの方向が固定され（すなわち、ビームの垂直方向を選択／調整することができず）、水平方向にのみビームフォーミングを行うことができる。基地局は、最適の水平ビームフォーミングを決定するべく、ＵＥからのＰＭＩなどを含むＣＳＩ報告を受けるためにＵＥにＣＳＩ－ＲＳ設定（ＣＳＩ－ＲＳ　ｃｏｎｆｉｇｕｒａｔｉｏｎ）を指示し、ＣＳＩ－ＲＳ設定によるＣＳＩ－ＲＳを送信することができる。ＣＳＩ－ＲＳ設定を指示するということは、上記の表２におけるＣＳＩ－ＲＳ－Ｃｏｎｆｉｇ　ＩＥに含まれる情報（例えば、ＣＳＩ－ＲＳポート、ＣＳＩ－ＲＳ送信タイミング、ＣＳＩ－ＲＳ送信ＲＥ位置など）のうち一つ以上を提供することを意味する。
【０３２０】
３－次元ビームフォーミングのためには、既存の水平ビームフォーミングに加えて垂直ビームフォーミング（又は、垂直ビームの選択）が必要であるが、そのための具体的な方案はまだ定義されていない。
【０３２１】
本発明の基本的な原理を説明するために、２－次元ＵＲＡ（又は、ＵＰＡ）を、第１ドメイン（例えば、水平ドメイン）のＵＬＡと第２ドメイン（例えば、垂直ドメイン）のＵＬＡとが組み合わせられた形態と仮定することができる。例えば、垂直ドメインにおける仰角を決定した後に水平ドメインにおける方位角を決定する方式によって、又は水平ドメインにおける方位角を決定した後に垂直ドメインにおける仰角を決定する方式によって３－次元ビームを形成することができる。このように２－次元アンテナ構造において第１及び第２ドメインのいずれかに対するＵＬＡを選択することを、領域選択（ｒｅｇｉｏｎａｌ　ｓｅｌｅｃｔｉｏｎ）又はドメイン選択と呼ぶことができる。このように、２－次元アンテナ構造では、水平ビームフォーミング（又は、方位角方向ビームフォーミング）と併せて垂直ビームフォーミング（又は、仰角方向ビームフォーミング）を行うことができる。
【０３２２】

既存のシステムにおいて水平方向のビームフォーミングのために設計されたプリコーディングコードブックは、方位角の全方向を等間隔に分けたり、任意のビーム方向が形成されるように設計することができる。例えば、ＤＦＴ（Ｄｉｓｃｒｅｔｅ　Ｆｏｕｒｉｅｒ　Ｔｒａｎｓｆｏｒｍ）ベースに設計されたコードブックは、

【０３２３】

【化３６－５】

$$e^{j2\pi nk/N}$$

【０３２４】

の形態で位相が決定される。ここで、２π／Ｎは、位相が等間隔に分かれるということを意味し、任意のビーム方向は、任意の位相値を有するようにコードブックが決定されるということを意味いることができる。このように、あらかじめ決定されているコードブックに含まれた要素のうちの一つは、特定プリコーディング行列又は特定ビーム方向に対応し、ＵＥは、コードブックにおいて特定要素を指示する情報（例えば、ＰＭＩ）を基地局にフィードバックすることによって、自身の好むビーム方向を基地局に報告することができる。

【０３２５】

２－次元アンテナ送信を効率的に支援するためには、垂直ビームフォーミングに対するＰＭＩもＵＥが基地局に報告可能でなければならず、そのために、垂直ビームフォーミングに利用可能なコードブックを設計する必要がある。垂直ビームフォーミングのためのコードブック設計において、既存のコードブック設計のように方位角を等間隔に分ける方式をそのまま適用することは好ましくない。これは、図１８又は図１９などで例示するように、垂直方向へのビームフォーミングは、アンテナよりも低い位置の方向へのビームが形成される場合が多いため、コードブックの設計においても最も多用されるビーム方向に対応する要素がコードワードに多く含まれるようにすることが好ましいからである。仮に、垂直ビームフォーミングに用いられるコードブック設計においても仰角を等間隔に分ける方式が適用されるとすれば、コードブックによって表現可能なビーム方向の個数は制限されるのに対し、使用可能性の低いビームフォーミング重みがコードブック要素に含まれうる。このため、コードブック内で適切なビームフォーミング重みを計算する時に不要な計算が増加したり、ＵＥの好む実際ビーム方向を表現できない不適切なコードブック要素が選択／決定されることもある。そこで、本発明では、このような問題点を解決できるコードブック設計方案について提案する。

【０３２６】

また、本発明で提案する様々な実施例で、角度方向の定義は、図１５で説明した角度方向の定義に従うものとする。ただし、本発明の範囲がこれに制限されるものではなく、他の角度方向の定義に対しても、本発明で提案する原理を、角度の数値を取り替えることによって同一に適用することができるということは明らかである。

【０３２７】

（実施の形態１）

本実施の形態１は、プリコーディングのためのフィードバックコードブック構成において、垂直ビームフォーミングと水平ビームフォーミングの関係を考慮して、精密で効率的な３－次元ビームフォーミングを支援するプリコーディング行列（又は、プリコーディングベクトル）を構成する方案に関する。また、本実施の形態１では、仰角方向では、特定角度範囲のビームが形成されるようにコードブックを構成する方案についても提案し、このような原理は、例えば、到着方向（Ｄｉｒｅｃｔｉｏｎ　ｏｆ　Ａｒｒｉｖａｌ；ＤｏＡ）ベースに垂直ビームフォーミング重みを表現する場合、ＤＦＴベースに垂直ビームフォーミング重みを表現する場合などに適用することができる、さらに、水平ビームフォーミングのための重みベクトルにもこのような原理を適用することができる。

【０３２８】

（実施例１）

仰角０°がアンテナアレイに対する直角方向を示す値であると、垂直ビームフォーミングのためのコードブックは、仰角－９０°乃至９０°範囲のビームを形成できる重みベクトルを含むことができる。

【０３２９】

（実施例１－１）

２－次元アンテナアレイに対する垂直ビームフォーミングのための重みベクトルは、ＤｏＡベースに、下記の式２０のように表現することができる。

【０３３０】

【数２０】

【数20】

$$W_v = e^{j \cdot 2\pi \cdot m \cdot d_v \cdot \sin(\theta)/\lambda} / \sqrt{M}$$

【０３３１】

上記の式２０で、Ｗｖは、垂直ビームフォーミングのための重みベクトルを意味する。Ｍは、垂直ドメインにおけるアンテナの個数を表し、ｍは、垂直ドメインにおけるアンテナ番号（又は、アンテナインデックス）を表し（例えば、ｍ＝０，１，…，Ｍ－１）、ｄｖは、垂直ドメインにおけるアンテナ間の距離を表す。λは波長を、θは仰角を表す。

【０３３２】

仰角が－９０°乃至９０°の範囲の値を有するとすれば、重みベクトルの変数θの範囲は－９０°≦θ≦９０°となり、これによって、ｓｉｎ（θ）は、－１≦ｓｉｎ（θ）≦１の範囲の値を有する。

【０３３３】

（実施例１－２）

２－次元アンテナアレイに対する水平ビームフォーミングのための重みベクトルは、ＤｏＡベースに、次の式２１のように表現することができる。

【０３３４】

【数２１】

【数21】

$$W_h = e^{j \cdot 2\pi \cdot n \cdot d_h \cdot \cos(\theta) \cdot \sin(\phi)/\lambda} / \sqrt{N}$$

【０３３５】

上記の式２１で、Ｗｈは、水平ビームフォーミングのための重みベクトルを意味する。Ｎは、水平ドメインにおけるアンテナの個数を表し、ｎは、水平ドメインにおけるアンテナ番号（又は、アンテナインデックス）を表し（例えば、ｎ＝０，１，…，Ｎ－１）、ｄｈは、水平ドメインにおけるアンテナ間の距離を表す。λは波長を、θは仰角を、ψは方位角を表す。

【０３３６】

仰角が－９０°乃至９０°の範囲の値を有するとすれば、重みベクトルの変数θの範囲は、－９０°≦θ≦９０°となり、これによって、ｃｏｓ（θ）は、０≦ｃｏｓ（θ）≦１の範囲の値を有する。

【０３３７】

方位角が－１８０°乃至１８０°の範囲の値（又は、－９０°乃至９０°の範囲の値）を有するとすれば、重みベクトルの変数ψの範囲は、－１８０°≦ψ≦１８０°（又は、－９０°≦ψ≦９０°）となり、これによって、ｓｉｎ（ψ）は－１≦ｓｉｎ（ψ）≦１の範囲の値を有する。

【０３３８】

（実施例１－３）
２－次元アンテナアレイに対する垂直ビームフォーミングのための重みベクトルは、ＤＦＴベースに、下記の式２２のように表現することができる。
【０３３９】
【数２２】
【数２２】

$$W_v = e^{j \cdot 2\pi \cdot m \cdot k / K} / \sqrt{M}$$

【０３４０】
上記の式２２で、Ｗｖは、垂直ビームフォーミングのための重みベクトルを意味する。Ｍは、垂直ドメインにおけるアンテナの個数を表し、ｍは、垂直ドメインにおけるアンテナ番号（又は、アンテナインデックス）を表す（例えば、ｍ＝０，１，…，Ｍ－１）。Ｋは垂直ドメインのビームの個数を表し、ｋは、垂直ドメインにおけるビーム番号（又は、ビームインデックス）を表す。仰角が－９０°乃至９０°の範囲の値を有するとすれば、ｋは、０乃至Ｋの範囲の値（例えば、ｋ＝０，１，…，Ｋ－１）を有することができる。
【０３４１】
上記のＤｏＡベースの実施例１－１における式２０で、ｄｖ＝λ／２とすれば、Ｗｖ＝ｅｘｐ（ｊ×π×ｍ×ｓｉｎ（θ））／ｓｑｒｔ（Ｍ）として表現することもできる。ここで、－９０°≦θ≦９０°であれば、－１≦ｓｉｎ（θ）≦１である。一方、ＤＦＴベースの本実施例１－３における上記の式２２において、ビームインデックスｋによって２ｋ／Ｋが０乃至２の範囲の値を有するようになることを考慮すれば、ＤｏＡベース方式における仰角θの範囲とＤＦＴベース方式におけるビームインデックスｋとの関係を設定することができる。
【０３４２】
ＤＦＴベース方式において、ｋ＝０，１，…，Ｋ／２の場合、２ｋ／Ｋは０乃至１の値を有する。ここで、２ｋ／Ｋ値の範囲は、仰角θが０°≦θ≦９０°の範囲を有する場合のｓｉｎ（θ）値の範囲（すなわち、０≦ｓｉｎ（θ）≦１）と同一である。
【０３４３】
さらに、ｋ＝Ｋ／２，Ｋ／２＋１，…，Ｋの場合に、２ｋ／Ｋは、１乃至２の値を有する。ここで、Ａ＝π×２ｋ／Ｋと仮定すれば、Ａ値の範囲は、π乃至２πとなる。また、ｅｘｐ（ｊＡ）の観点では、Ａ値の範囲がπ乃至２πである場合のｅｘｐ（ｊＡ）値は、Ａ値の範囲が－π乃至０である場合のｅｘｐ（ｊＡ）値と同一である。これは、２ｋ／Ｋの値が－１乃至０の値を有することと同一であるといえる。ここで、２ｋ／Ｋ値の範囲は、仰角θが－９０°≦θ≦０°の範囲を有する場合のｓｉｎ（θ）値の範囲（すなわち、－１≦ｓｉｎ（θ）≦０）と同一である。
【０３４４】
要するに、ＤｏＡベース方式において仰角θが０°≦θ≦９０°に設定されることは、ＤＦＴベース方式においてビームインデックスｋが０乃至Ｋ／２の範囲の値に設定されることに対応する。
【０３４５】
また、ＤｏＡベース方式において仰角θが－９０°≦θ≦０°に設定されることは、ＤＦＴベース方式においてビームインデックスｋがＫ／２乃至Ｋの範囲の値に設定されることに対応する。
【０３４６】
（実施例１－４）
２－次元アンテナアレイに対する水平ビームフォーミングのための重みベクトルは、ＤＦＴベースに、下記の式２３のように表現することができる。
【０３４７】

【数２３】

【数２３】

$$W_h = e^{j \cdot 2\pi \cdot n \cdot c \cdot h / H} / \sqrt{N}$$

【０３４８】

上記の式２３で、Ｗｈは水平ビームフォーミングのための重みベクトルを意味する。Ｎは、水平ドメインにおけるアンテナの個数を表し、ｎは、水平ドメインにおけるアンテナ番号（又は、アンテナインデックス）を表す。Ｈは、水平ドメインのビームの個数を表し、ｈは、水平ドメインにおけるビーム番号（又は、ビームインデックス）を表す。ｃは、垂直ビームフォーミングのためのビームインデックスによって決定される値である。

【０３４９】

方位角が－１８０°乃至１８０°の範囲の値（又は、－９０°乃至９０°の範囲の値）を有するとすれば、ｎは、０乃至Ｎの範囲の値（例えば、ｎ＝０，１，…，Ｎ－１）を有することができる。

【０３５０】

垂直ビームインデックスｋが０乃至Ｋの範囲の値を有する場合に、ｃは０乃至１の範囲の値を有するように設定することができる。

【０３５１】

具体的に、上記の実施例１－３のように、仰角θが－９０°≦θ≦９０°の範囲の値を有する場合、垂直ビームフォーミングのための重みベクトルの変数ｋは、０乃至Ｋの範囲の値を有することができる。水平ビームフォーミングのための重みベクトルには、垂直ビームフォーミングで選択されたビームインデックスによって決定される値（すなわち、ｃ）が存在し、該値は、下記の式２４のように定義することができる。

【０３５２】

【数２４】

【数２４】

$$c = \sqrt{1 - (2k/K - 1)^2}$$

【０３５３】

上記の式２４に示すように、本発明におけるｃ値は、ｓｉｎ^2（θ）＋ｃｏｓ^2（θ）＝１に合わせるための係数又は変数としての意味を有することができ、このような観点で、ｓｉｎ（θ）はｋに対応し、ｃｏｓ（θ）はｃに対応する。

【０３５４】

これによって、垂直ドメインで選択された角度θによって、水平ドメインで適度な角度ψを選択することができる。垂直ドメインで選択された仰角とは別に（又は、関係なく、又は独立して）水平ドメインのみを考慮して方位角を選択する場合、実際に仰角方向のビームフォーミングが適用されるときには、元来選択された方位角方向が最適の性能を保障できない場合が殆どであろう。このため、より正確なビームフォーミングを可能にするためには、垂直ドメインで選択された角度θによって（又は、θを考慮して、又はθに従属して）水平ドメインで適度な角度ψを選択することが好ましい。

【０３５５】

したがって、本発明によれば、ｃ値を使用する重みベクトルを含むプリコーディングコードブックを設計することによって、ＵＥにとっては、より正確で効率的なプリコーディング情報を含むＣＳＩフィードバックが可能になり、ｅＮＢにとっては、より正確で効率的なプリコーディング（又は、ビームフォーミング）が可能になる。

【０３５６】

（実施例１－５）
２－次元アンテナアレイに対する水平ビームフォーミングのための重みベクトルは、ＤｏＡベースに、下記の式２５のように表現することができる。
【０３５７】
【数２５】

【数25】

$$W_h = e^{j \cdot 2\pi \cdot n \cdot d_h \cdot \sin(\phi)/\lambda} / \sqrt{N}$$

【０３５８】
上記の式２５で、Ｗｈは水平ビームフォーミングのための重みベクトルを意味する。Ｎは、水平ドメインにおけるアンテナの個数を表し、ｎは、水平ドメインにおけるアンテナ番号（又は、アンテナインデックス）を表し（例えば、ｎ＝０，１，…，Ｎ－１）、ｄｈは、水平ドメインにおけるアンテナ間の距離を表す。λは波長を、ψは方位角を表す。
【０３５９】
方位角が－１８０°乃至１８０°の範囲の値（又は、－９０°乃至９０°の範囲の値）を有するとすれば、重みベクトルの変数ψの範囲は、－１８０°≦ψ≦１８０°（又は、－９０°≦ψ≦９０°）となり、これによって、ｓｉｎ（ψ）は－１≦ｓｉｎ（ψ）≦１の範囲の値を有する。
【０３６０】
本実施例１－５は、上記の実施例１－２においてθ＝０°と仮定した場合に該当する。この観点で、本実施例は、仰角を考慮せずに（又は、仰角を０°と仮定して）方位角を選択する方式であるといえる。このため、実際にビーム方向の正確度はやや劣っても、ＵＥの計算複雑度を減らす側面で効果的な方式であるといえる。
【０３６１】
（実施例１－６）
２－次元アンテナアレイに対する水平ビームフォーミングのための重みベクトルは、ＤＦＴベースに、下記の式２６のように表現することができる。
【０３６２】
【数２６】

【数26】

$$W_h = e^{j \cdot 2\pi \cdot n \cdot h/H} / \sqrt{N}$$

【０３６３】
上記の式２６で、Ｗｈは水平ビームフォーミングのための重みベクトルを意味する。Ｎは、水平ドメインにおけるアンテナの個数を表し、ｎは、水平ドメインにおけるアンテナ番号（又は、アンテナインデックス）を表す。Ｈは、水平ドメインのビームの個数を表し、ｈは、水平ドメインにおけるビーム番号（又は、ビームインデックス）を表す。
【０３６４】
方位角が－１８０°乃至１８０°の範囲の値（又は、－９０°乃至９０°の範囲の値）を有するとすれば、ｎは０乃至Ｎの範囲の値（例えば、ｎ＝０，１，…，Ｎ－１）を有することができる。
【０３６５】
本実施例１－６は、上記の実施例１－４においてｃ値を１と仮定した場合に該当する。この観点で、本実施例は、仰角を考慮せずに（又は、仰角を０°と仮定して）方位角を選択する方式であるといえる。このため、実際にビーム方向の正確度がやや劣っても、ＵＥの計算複雑度を減らす側面で効果的な方式であるといえる。

【０３６６】
（実施例２）
仰角０°がアンテナアレイに対する直角方向を示す値であると、垂直ビームフォーミングのためのコードブックは、仰角０°乃至９０°範囲のビームを形成できる重みベクトルを含むことができる。
【０３６７】
（実施例２－１）
２－次元アンテナアレイに対する垂直ビームフォーミングのための重みベクトルは、ＤｏＡベースに、下記の式２７のように表現することができる。
【０３６８】
【数２７】

【数27】

$$W_v = e^{j\cdot 2\pi\cdot m\cdot d_v\cdot \sin(\theta)/\lambda} / \sqrt{M}$$

【０３６９】
上記の式２７で、Ｗｖは垂直ビームフォーミングのための重みベクトルを意味する。Ｍは、垂直ドメインにおけるアンテナの個数を表し、ｍは、垂直ドメインにおけるアンテナ番号（又は、アンテナインデックス）を表し（例えば、ｍ＝０，１，…，Ｍ－１）、ｄｖは、垂直ドメインにおけるアンテナ間の距離を表す。λは波長を、θは仰角を表す。
【０３７０】
仰角が０°乃至９０°の範囲の値を有するとすれば、重みベクトルの変数θの範囲は０°≦θ≦９０°となり、これによって、ｓｉｎ（θ）は、０≦ｓｉｎ（θ）≦１の範囲の値を有する。
【０３７１】
（実施例２－２）
２－次元アンテナアレイに対する水平ビームフォーミングのための重みベクトルは、ＤｏＡベースに、次の式２８のように表現することができる。
【０３７２】
【数２８】

【数28】

$$W_h = e^{j\cdot 2\pi\cdot n\cdot d_h\cdot \cos(\theta)\cdot \sin(\phi)/\lambda} / \sqrt{N}$$

【０３７３】
上記の式２８で、Ｗｈは水平ビームフォーミングのための重みベクトルを意味する。Ｎは、水平ドメインにおけるアンテナの個数を表し、ｎは、水平ドメインにおけるアンテナ番号（又は、アンテナインデックス）を表し（例えば、ｎ＝０，１，…，Ｎ－１）、ｄｈは、水平ドメインにおけるアンテナ間の距離を表す。λは波長を、θは仰角を、ψは方位角を表す。
【０３７４】
仰角が０°乃至９０°の範囲の値を有するとすれば、重みベクトルの変数θの範囲は０°≦θ≦９０°となり、これによって、ｃｏｓ（θ）は、０≦ｃｏｓ（θ）≦１の範囲の値を有する。
【０３７５】
方位角が－１８０°乃至１８０°の範囲の値（又は、－９０°乃至９０°の範囲の値）を有するとすれば、重みベクトルの変数ψの範囲は、－１８０°≦ψ≦１８０°（又は、－９０°≦ψ≦９０°）となり、これによって、ｓｉｎ（ψ）は、－１≦ｓｉｎ（ψ）≦１の範囲の値を有する。

【０３７６】
（実施例２－３）
２－次元アンテナアレイに対する垂直ビームフォーミングのための重みベクトルは、ＤＦＴベースに、下記の式２９のように表現することができる。
【０３７７】
【数２９】

【数２９】

$$W_v = e^{j \cdot 2\pi \cdot m \cdot k / K} / \sqrt{M}$$

【０３７８】
上記の式２９で、Ｗｖは垂直ビームフォーミングのための重みベクトルを意味する。Ｍは、垂直ドメインにおけるアンテナの個数を表し、ｍは、垂直ドメインにおけるアンテナ番号（又は、アンテナインデックス）を表す（例えば、ｍ＝０，１，…，Ｍ－１）。Ｋは、垂直ドメインのビームの個数を表し、ｋは、垂直ドメインにおけるビーム番号（又は、ビームインデックス）を表す。仰角が０°乃至９０°の範囲の値を有するとすれば、ｋは、０乃至Ｋ／２の範囲の値（例えば、ｋ＝０，１，…，Ｋ／２－１）を有することができる。
【０３７９】
上記ＤｏＡベースの実施例２－１の式２７においてｄｖ＝λ／２だとすれば、Ｗｖ＝ｅｘｐ（ｊ×π×ｍ×ｓｉｎ（θ））／ｓｑｒｔ（Ｍ）として表現することができる。ここで、０°≦θ≦９０°であれば、０≦ｓｉｎ（θ）≦１である。一方、ＤＦＴベースの本実施例２－３における上記の式２９において、ビームインデックスｋによって２ｋ／Ｋが０乃至２の範囲の値を有するようになることを考慮すれば、ＤｏＡベース方式における仰角θの範囲とＤＦＴベース方式におけるビームインデックスｋとの関係を設定することができる。
【０３８０】
ＤＦＴベース方式においてｋ＝０，１，…，Ｋ／２の場合、２ｋ／Ｋは０乃至１の値を有する。ここで、２ｋ／Ｋ値の範囲は、仰角θが０°≦θ≦９０°の範囲を有する場合のｓｉｎ（θ）値の範囲（すなわち、０≦ｓｉｎ（θ）≦１）と同一である。
【０３８１】
このため、ＤｏＡベース方式において仰角θが０°≦θ≦９０°に設定されることは、ＤＦＴベース方式においてビームインデックスｋが０乃至Ｋ／２の範囲の値に設定されることに対応する。
【０３８２】
（実施例２－４）
２－次元アンテナアレイに対する水平ビームフォーミングのための重みベクトルは、ＤＦＴベースに、下記の式３０のように表現することができる。
【０３８３】
【数３０】

【数３０】

$$W_h = e^{j \cdot 2\pi \cdot n \cdot c \cdot h / H} / \sqrt{N}$$

【０３８４】
上記の式３０で、Ｗｈは水平ビームフォーミングのための重みベクトルを意味する。Ｎは、水平ドメインにおけるアンテナの個数を表し、ｎは、水平ドメインにおけるアンテナ番号（又は、アンテナインデックス）を表す。Ｈは、水平ドメインのビームの個数を表し

、ｈは、水平ドメインにおけるビーム番号（又は、ビームインデックス）を表す。ｃは、垂直ビームフォーミングのためのビームインデックスによって決定される値である。

【０３８５】

方位角が－１８０°乃至１８０°の範囲の値（又は、－９０°乃至９０°の範囲の値）を有するとすれば、ｎは、０乃至Ｎの範囲の値（例えば、ｎ＝０，１，…，Ｎ－１）を有することができる。

【０３８６】

垂直ビームインデックスｋが０乃至Ｋ／２の範囲の値を有する場合に、ｃは０乃至１の範囲の値を有するように設定することができる。

【０３８７】

具体的に、上記の実施例２－３のように、仰角がθが０°≦θ≦９０°の範囲の値を有する場合、垂直ビームフォーミングのための重みベクトルの変数ｋは、０乃至Ｋ／２の範囲の値を有することができる。水平ビームフォーミングのための重みベクトルには、垂直ビームフォーミングで選択されたビームインデックスによって決定される値（すなわち、ｃ）が存在し、該値は、下記の式３１のように定義することができる。

【０３８８】

【数３１】

【数31】

$$c=\sqrt{1-(2k/K-1)^{2}}$$

【０３８９】

上記の式３１に示すように、ｃ値は、垂直ドメインで選択された角度θによって（又は、θを考慮して、又はθに従属して）、水平ドメインで適度な角度ψが選択されるようにする係数又は変数としての意味を有する。

【０３９０】

一方、本実施の形態のように仰角が制限される場合（例えば、０°≦θ≦９０°）には、ｃ値を単純に１に設定（又は、仰角θ＝０°と仮定）することによってＵＥの計算の複雑性を減らすこともできる。以下、これらの例示について説明する。

【０３９１】

（実施例２－５）

２－次元アンテナアレイに対する水平ビームフォーミングのための重みベクトルは、ＤｏＡベースに、下記の式３２のように表現することができる。

【０３９２】

【数３２】

【数32】

$$W_{h}=e^{j\cdot 2\pi\cdot n\cdot d_{h}\cdot \sin(\phi)/\lambda}/\sqrt{N}$$

【０３９３】

上記の式３２で、Ｗｈは水平ビームフォーミングのための重みベクトルを意味する。Ｎは、水平ドメインにおけるアンテナの個数を表し、ｎは、水平ドメインにおけるアンテナ番号（又は、アンテナインデックス）を表し（例えば、ｎ＝０，１，…，Ｎ－１）、ｄｈは、水平ドメインにおけるアンテナ間の距離を表す。λは波長を、ψは方位角を表す。

【０３９４】

方位角が－１８０°乃至１８０°の範囲の値（又は、－９０°乃至９０°の範囲の値）を有するとすれば、重みベクトルの変数ψの範囲は、－１８０°≦ψ≦１８０°（又は、－９０°≦ψ≦９０°）となり、これによって、ｓｉｎ（ψ）は、－１≦ｓｉｎ（ψ）≦

１の範囲の値を有する。
【０３９５】
本実施例２－５は、上記の実施例２－２においてθ＝０°と仮定した場合に該当する。この観点で、本実施例は、仰角を考慮せずに（又は、仰角が０°であると仮定して）方位角を選択する方式であるといえる。このため、実際にビーム方向の正確度がやや劣っても、ＵＥの計算の複雑度を減らす側面で効果的な方式であるといえる。
【０３９６】
（実施例２－６）
２－次元アンテナアレイに対する水平ビームフォーミングのための重みベクトルは、ＤＦＴベースに、下記の式３３のように表現することができる。
【０３９７】
【数３３】

【数33】

$$W_h = e^{j \cdot 2\pi \cdot n \cdot h / H} / \sqrt{N}$$

【０３９８】
上記の式３３で、Ｗｈは水平ビームフォーミングのための重みベクトルを意味する。Ｎは、水平ドメインにおけるアンテナの個数を表し、ｎは、水平ドメインにおけるアンテナ番号（又は、アンテナインデックス）を表す。Ｈは、水平ドメインのビームの個数を表し、ｈは、水平ドメインにおけるビーム番号（又は、ビームインデックス）を表す。
【０３９９】
方位角が－１８０°乃至１８０°の範囲の値（又は、－９０°乃至９０°の範囲の値）を有するとすれば、ｎは、０乃至Ｎの範囲の値（例えば、ｎ＝０，１，…，Ｎ－１）を有することができる。
【０４００】
本実施例２－６は、上記の実施例２－４においてｃ値を１と仮定した場合に該当する。この観点で、本実施例は、仰角を考慮せずに（又は、仰角が０°であると仮定して）方位角を選択する方式であるといえる。このため、実際にビーム方向の正確度がやや劣っても、ＵＥの計算の複雑度を減らす側面で効果的な方式であるといえる。
【０４０１】
（実施例３）
仰角０°がアンテナアレイに対する直角方向を示す値であると、垂直ビームフォーミングのためのコードブックは、仰角－９０°乃至０°範囲のビームを形成できる重みベクトルを含むことができる。
【０４０２】
（実施例３－１）
２－次元アンテナアレイに対する垂直ビームフォーミングのための重みベクトルは、ＤｏＡベースに、下記の式３４のように表現することができる。
【０４０３】
【数３４】

【数34】

$$W_v = e^{j \cdot 2\pi \cdot m \cdot d_v \cdot \sin(\theta)/\lambda} / \sqrt{M}$$

【０４０４】
上記の式３４で、Ｗｖは垂直ビームフォーミングのための重みベクトルを意味する。Ｍは、垂直ドメインにおけるアンテナの個数を表し、ｍは、垂直ドメインにおけるアンテナ

番号（又は、アンテナインデックス）を表し（例えば、ｍ＝０，１，…，Ｍ－１）、ｄｖは、垂直ドメインにおけるアンテナ間の距離を表す。λは波長を、θは仰角を表す。

【０４０５】

仰角が－９０°乃至０°の範囲の値を有するとすれば、重みベクトルの変数θの範囲は、－９０°≦θ≦０°となり、これによって、ｓｉｎ（θ）は、－１≦ｓｉｎ（θ）≦０の範囲の値を有する。

【０４０６】

（実施例３－２）

２－次元アンテナアレイに対する水平ビームフォーミングのための重みベクトルは、ＤｏＡベースに、次の式３５のように表現することができる。

【０４０７】

【数３５】

【数35】

$$W_h = e^{j \cdot 2\pi \cdot n \cdot d_h \cdot \cos(\theta) \cdot \sin(\phi) / \lambda} / \sqrt{N}$$

【０４０８】

上記の式３５で、Ｗｈは水平ビームフォーミングのための重みベクトルを意味する。Ｎは、水平ドメインにおけるアンテナの個数を表し、ｎは、水平ドメインにおけるアンテナ番号（又は、アンテナインデックス）を表し（例えば、ｎ＝０，１，…，Ｎ－１）、ｄｈは、水平ドメインにおけるアンテナ間の距離を表す。λは波長を、θは仰角を、ψは方位角を表す。

【０４０９】

仰角が－９０°乃至０°の範囲の値を有するとすれば、重みベクトルの変数θの範囲は、－９０°≦θ≦０°となり、これによって、ｃｏｓ（θ）は、０≦ｃｏｓ（θ）≦１の範囲の値を有する。

【０４１０】

方位角が－１８０°乃至１８０°の範囲の値（又は、－９０°乃至９０°の範囲の値）を有するとすれば、重みベクトルの変数ψの範囲は、－１８０°≦ψ≦１８０°（又は、－９０°≦ψ≦９０°）となり、これによって、ｓｉｎ（ψ）は－１≦ｓｉｎ（ψ）≦１の範囲の値を有する。

【０４１１】

（実施例３－３）

２－次元アンテナアレイに対する垂直ビームフォーミングのための重みベクトルは、ＤＦＴベースに、下記の式３６のように表現することができる。

【０４１２】

【数３６】

【数36】

$$W_v = e^{j \cdot 2\pi \cdot m \cdot k / K} / \sqrt{M}$$

【０４１３】

上記の式３６で、Ｗｖは垂直ビームフォーミングのための重みベクトルを意味する。Ｍは、垂直ドメインにおけるアンテナの個数を表し、ｍは、垂直ドメインにおけるアンテナ番号（又は、アンテナインデックス）を表す（例えば、ｍ＝０，１，…，Ｍ－１）。Ｋは、垂直ドメインのビームの個数を表し、ｋは、垂直ドメインにおけるビーム番号（又は、ビームインデックス）を表す。仰角が０°乃至９０°の範囲の値を有するとすれば、ｋは、Ｋ／２乃至Ｋの範囲の値（例えば、ｋ＝Ｋ／２，Ｋ／２＋１，…，Ｋ－１）を有するこ

とができる。
【０４１４】
上記ＤｏＡベースの実施例３－１の式３４においてｄｖ＝λ／２だとすれば、Ｗｖ＝ｅｘｐ（ｊ×π×ｍ×ｓｉｎ（θ））／ｓｑｒｔ（Ｍ）として表現することができる。ここで、－９０°≦θ≦０°であれば、－１≦ｓｉｎ（θ）≦０である。一方、ＤＦＴベースの本実施例３－３における上記の式３６において、ビームインデックスｋによって２ｋ／Ｋが１乃至２の範囲の値を有するようになることを考慮すれば、ＤｏＡベース方式における仰角θの範囲とＤＦＴベース方式におけるビームインデックスｋとの関係を設定することができる。
【０４１５】
ＤＦＴベース方式においてｋ＝Ｋ／２，Ｋ／２＋１，…，Ｋの場合、２ｋ／Ｋは１乃至２の値を有する。ここで、Ａ＝π×２ｋ／Ｋと仮定すれば、Ａ値の範囲はπ乃至２πとなる。また、ｅｘｐ（ｊＡ）の観点では、Ａ値の範囲がπ乃至２πである場合のｅｘｐ（ｊＡ）値は、Ａ値の範囲が－π乃至０である場合のｅｘｐ（ｊＡ）値と同一である。これは、２ｋ／Ｋの値が－１乃至０の値を有することと同一であるといえる。ここで、２ｋ／Ｋ値の範囲は、仰角θが－９０°≦θ≦０°の範囲を有する場合のｓｉｎ（θ）値の範囲（すなわち、－１≦ｓｉｎ（θ）≦０）と同一である。
【０４１６】
要するに、ＤｏＡベース方式において仰角θが－９０°≦θ≦０°に設定されることは、ＤＦＴベース方式においてビームインデックスｋがＫ／２乃至Ｋの範囲の値に設定されることに対応する。
【０４１７】
（実施例３－４）
２－次元アンテナアレイに対する水平ビームフォーミングのための重みベクトルは、ＤＦＴベースに、下記の式３７のように表現することができる。
【０４１８】
【数３７】

【数37】

$$W_h = e^{j \cdot 2\pi \cdot n \cdot c \cdot h / H} / \sqrt{N}$$

【０４１９】
上記の式３７で、Ｗｈは水平ビームフォーミングのための重みベクトルを意味する。Ｎは、水平ドメインにおけるアンテナの個数を表し、ｎは、水平ドメインにおけるアンテナ番号（又は、アンテナインデックス）を表す。Ｈは、水平ドメインのビームの個数を表し、ｈは水平ドメインにおけるビーム番号（又は、ビームインデックス）を表す。ｃは、垂直ビームフォーミングのためのビームインデックスによって決定される値である。
【０４２０】
方位角が－１８０°乃至１８０°の範囲の値（又は、－９０°乃至９０°の範囲の値）を有するとすれば、ｎは０乃至Ｎの範囲の値（例えば、ｎ＝０，１，…，Ｎ－１）を有することができる。
【０４２１】
垂直ビームインデックスｋがＫ／２乃至Ｋの範囲の値を有する場合に、ｃは１乃至０の範囲の値を有するように設定することができる。
【０４２２】
具体的に、上記の実施例３－３のように、仰角がθが－９０°≦θ≦０°の範囲の値を有する場合、垂直ビームフォーミングのための重みベクトルの変数ｋは、Ｋ／２乃至Ｋの範囲の値を有することができる。水平ビームフォーミングのための重みベクトルには、垂直ビームフォーミングで選択されたビームインデックスによって決定される値（すなわち

、ｃ）が存在し、該値は、下記の式３８のように定義することができる。
【０４２３】
【数３８】
【数38】

$$c=\sqrt{1-(2k/K-1)^{2}}$$

【０４２４】
上記の式３８に示すように、ｃ値は、垂直ドメインで選択された角度θによって（又は、θを考慮して、又はθに従属して）、水平ドメインで適度な角度ψが選択されるようにする係数又は変数としての意味を有する。
【０４２５】
一方、本実施の形態のように仰角が制限される場合（例えば、－９０°≦θ≦０°）には、ｃ値を単純に１に設定（又は、仰角θ＝０°と仮定）することによってＵＥの計算の複雑性を減らすことができる。以下、これらの例示について説明する。
【０４２６】
（実施例３－５）
２－次元アンテナアレイに対する水平ビームフォーミングのための重みベクトルは、ＤｏＡベースに、下記の式３９のように表現することができる。
【０４２７】
【数３９】
【数39】

$$W_{h}=e^{j\cdot 2\pi\cdot n\cdot d_{h}\cdot \sin(\phi)/\lambda}/\sqrt{N}$$

【０４２８】
上記の式３９で、Ｗｈは水平ビームフォーミングのための重みベクトルを意味する。Ｎは、水平ドメインにおけるアンテナの個数を表し、ｎは、水平ドメインにおけるアンテナ番号（又は、アンテナインデックス）を表し（例えば、ｎ＝０，１，…，Ｎ－１）、ｄｈは、水平ドメインにおけるアンテナ間の距離を表す。λは波長を、ψは方位角を表す。
【０４２９】
方位角が－１８０°乃至１８０°の範囲の値（又は、－９０°乃至９０°の範囲の値）を有するとすれば、重みベクトルの変数ψの範囲は、－１８０°≦ψ≦１８０°（又は、－９０°≦ψ≦９０°）となり、これによって、ｓｉｎ（ψ）は－１≦ｓｉｎ（ψ）≦１の範囲の値を有する。
【０４３０】
本実施例３－５は、上記の実施例３－２においてθ＝０°と仮定した場合に該当する。この観点で、本実施例は、仰角を考慮せずに（又は、仰角が０°であると仮定して）方位角を選択する方式であるといえる。このため、実際にビーム方向の正確度がやや劣っても、ＵＥの計算の複雑度を減らす側面で効果的な方式であるといえる。
【０４３１】
（実施例３－６）
２－次元アンテナアレイに対する水平ビームフォーミングのための重みベクトルは、ＤＦＴベースに、下記の式４０のように表現することができる。
【０４３２】

【数４０】

【数４０】

$$W_h = e^{j \cdot 2\pi \cdot n \cdot h / H} / \sqrt{N}$$

【０４３３】

上記の式４０で、Ｗｈは水平ビームフォーミングのための重みベクトルを意味する。Ｎは、水平ドメインにおけるアンテナの個数を表し、ｎは、水平ドメインにおけるアンテナ番号（又は、アンテナインデックス）を表す。Ｈは、水平ドメインのビームの個数を表し、ｈは、水平ドメインにおけるビーム番号（又は、ビームインデックス）を表す。

【０４３４】

方位角が－１８０°乃至１８０°の範囲の値（又は、－９０°乃至９０°の範囲の値）を有するとすれば、ｎは、０乃至Ｎの範囲の値（例えば、ｎ＝０，１，…，Ｎ－１）を有することができる。

【０４３５】

本実施例３－６は、上記の実施例３－４においてｃ値を１と仮定した場合に該当する。この観点で、本実施例は、仰角を考慮せずに（又は、仰角が０°であると仮定して）方位角を選択する方式であるといえる。このため、実際にビーム方向の正確度がやや劣っても、ＵＥの計算の複雑度を減らす側面で効果的な方式であるといえる。

【０４３６】

上記のような本発明で提案するプリコーディングコードブック構成方案において、下記の事項をさらに考慮することができる。

【０４３７】

プリコーディングコードブックに含まれるプリコーディング行列（又は、プリコーディングベクトル）を構成するとき、仰角の値（又は、仰角の範囲）によって垂直ビームフォーミングの解像度（ｒｅｓｏｌｕｔｉｏｎ）を異なるように設定することができる。実際に物理的なアンテナアレイが配置される空間が高い建物の屋上である点を考慮すれば、アンテナアレイの位置が信号送受信の対象位置よりも高い場合（例えば、図１９（ｂ）の場合）が、その逆の場合（例えば、図１９（ａ）の場合）よりも多いと予想される。また、アンテナアレイの位置が信号送受信の対象位置よりも高い場合（例えば、図１９（ｂ）の場合）において様々な障害物による屈折、反射などを考慮すれば、その逆の場合（例えば、図１９（ａ）の場合）に比べてビーム方向をさらに細かく調整することが要求される。

【０４３８】

この観点から、仰角０°がアンテナアレイに対する直角方向を示す値であると、仰角が－９０°乃至９０°（又は、０°乃至９０°）の範囲である場合に、仰角が９０°に近いほど（すなわち、アンテナアレイにおいて下方に向かうほど）垂直ビームフォーミングがさらに密集した（ｄｅｎｓｅ）解像度を有し、仰角がその反対方向（－９０°又は０°）に近いほど垂直ビームフォーミングがさらにまばらな（ｓｐａｒｓｅ）解像度を有するようにプリコーディングコードブックを設計することができる。すなわち、垂直ビームフォーミングのためのプリコーディング重みベクトル／行列を含むプリコーディングコードブック内で、垂直ビームフォーミングのためのプリコーディング重みベクトル／行列の解像度は、仰角が９０°に近い場合よりも仰角が０°に近い場合にさらに低く構成されるといえる。また、プリコーディングコードブック内で、仰角９０°近傍に対応するプリコーディング行列（又は、プリコーディングベクトル）の個数が、仰角－９０°（又は、０°）近傍に対応するプリコーディング行列（又は、プリコーディングベクトル）の個数よりも多くてもよい。

【０４３９】

さらに、プリコーディングコードブックに含まれるプリコーディング行列（又は、プリコーディングベクトル）を構成する際、仰角の値（又は、仰角の範囲）によって水平ビー

ムフォーミングの解像度を異なるように設定することができる。前述したのと同じ理由で、仰角が９０°に近いほど、より細かいビーム方向の設定が可能になることが有利であるから、仰角が９０°に近いほど（すなわち、アンテナアレイにおいて下方に向かうほど）水平ビームフォーミングがさらに密集した解像度を有し、仰角がその反対方向（－９０°又は０°）に近いほど水平ビームフォーミングがさらにまばらな解像度を有するようにプリコーディングコードブックを設計することができる。すなわち、水平ビームフォーミングのためのプリコーディング重みベクトル／行列を含むプリコーディングコードブック内で、水平ビームフォーミングのためのプリコーディング重みベクトル／行列の解像度は、仰角が－９０°乃至０°の範囲の値を有する場合に比べて仰角が０°乃至９０°の範囲の値を有する場合にさらに高く構成されるといえる。例えば、仰角が０°乃至９０°の範囲の値を有する場合における水平ビームフォーミングの解像度をより密集するようにし、仰角が－９０°乃至０°の範囲の値を有する場合における水平ビームフォーミングの解像度はよりまばらにすることができる。

【０４４０】

（実施の形態２）

本実施の形態２は、水平ビームフォーミングのためのプリコーディング重みベクトルと垂直ビームフォーミングのためのプリコーディング重みベクトルを含むコードブックセットを構成する方案に関する。

【０４４１】

（実施例１）

本実施例では、垂直－水平ビームフォーミングのためのコードブック構成方案について提案する。

【０４４２】

３－次元ビームフォーミングのためのプリコーディング重みベクトル（又は、プリコーディング重み行列）は、２個の指示子（又は、２個のＰＭＩ）の組合せによって決定又は指示することができる。２個の指示子を、例えば、I_1及びI_2と呼ぶことができる。I_1及びI_2は、同時に報告してもよく、フィードバックオーバーヘッドの減少のために異なる時点に報告してもよい。ここで、I_1は、ロング－ターム（ｌｏｎｇ－ｔｅｒｍ）で報告し、広帯域（ｗｉｄｅｂａｎｄ）に適用することができる。

【０４４３】

（実施例１－１）

コードブックを構成する１つ以上の要素のそれぞれは、垂直ビームフォーミングのための重みベクトル／行列及び水平ビームフォーミングのための重みベクトル／行列を全て含むように設計することができる。

【０４４４】

（実施例１－２）

第１指示子（例えば、I_1）によって指示されるプリコーダセットは、垂直ビームフォーミングのための１つの重みベクトル／行列及び水平ビームフォーミングのための１つ以上の候補（ｃａｎｄｉｄａｔｅ）重みベクトル／行列の全てを含む。互いに異なる第１指示子（I_1）によって互いに異なる垂直ビームフォーミング重みベクトル／行列が決定され、互いに異なる第１指示子（I_1）に対して同じ水平ビームフォーミング重みベクトル／行列が対応してもよい。

【０４４５】

例えば、下記の表１５のように、第１指示子（I_1）及び第２指示子（I_2）によって３－次元ビームフォーミングのためのプリコーダベクトル／行列を構成することができる。

【０４４６】

【表１５】

【表15】

I_1 \ I_2	0	1	2	3
0	Wv(0), Wh(0)	Wv(0), Wh(1)	Wv(0), Wh(2)	Wv(0), Wh(3)
1	Wv(1), Wh(0)	Wv(1), Wh(1)	Wv(1), Wh(2)	Wv(1), Wh(3)
2	Wv(2), Wh(0)	Wv(2), Wh(1)	Wv(2), Wh(2)	Wv(2), Wh(3)
3	Wv(3), Wh(0)	Wv(3), Wh(1)	Wv(3), Wh(2)	Wv(3), Wh(3)

【０４４７】

上記の表１５の例示で、I_1＝０の場合、垂直ビームフォーミングのための１つの重みベクトル／行列であるＷｖ（０）が指示され、水平ビームフォーミングのための４個の候補重みベクトル／行列であるＷｈ（０）、Ｗｈ（１）、Ｗｈ（２）及びＷｈ（３）が指示される。これに加えて、I_2の値によって上記４個の水平ビームフォーミング重みベクトル／行列候補のいずれか一つが特定されてもよい。他のI_1値に対しても類似の方式で垂直ビームフォーミングのための重みベクトル／行列のいずれか一つが指示され、I_2との組合せによって水平ビームフォーミングのための重みベクトル／行列のいずれか一つが指示されてもよい。

【０４４８】

（実施例１－３）

第１指示子（例えば、I_1）によって指示されるプリコーダセットは、垂直ビームフォーミングのための１つ以上の候補重みベクトル／行列の一部及び水平ビームフォーミングのための１つ以上の候補重みベクトル／行列の全てを含む。第１指示子（I_1）の第１値に対応する垂直ビームフォーミング重みベクトル／行列は、第２値に対応する垂直ビームフォーミング重みベクトル／行列と一部が重複してもよい。互いに異なる第１指示子（I_1）に対して同じ水平ビームフォーミング重みベクトル／行列が対応してもよい。

例えば、下記の表１６のように、第１指示子（I_1）及び第２指示子（I_2）によって３－次元ビームフォーミングのためのプリコーダベクトル／行列を特定することができる。

【０４４９】

【表１６】

【表16】

I_1 \ I_2	0	1	2	3	4	5	6	7
0	Wv(0), Wh(0)	Wv(0), Wh(1)	Wv(0), Wh(2)	Wv(0), Wh(3)	Wv(1), Wh(0)	Wv(1), Wh(1)	Wv(1), Wh(2)	Wv(1), Wh(3)
1	Wv(1), Wh(0)	Wv(1), Wh(1)	Wv(1), Wh(2)	Wv(1), Wh(3)	Wv(2), Wh(0)	Wv(2), Wh(1)	Wv(2), Wh(2)	Wv(2), Wh(3)
2	Wv(2), Wh(0)	Wv(2), Wh(1)	Wv(2), Wh(2)	Wv(2), Wh(3)	Wv(3), Wh(0)	Wv(3), Wh(1)	Wv(3), Wh(2)	Wv(3), Wh(3)
3	Wv(3), Wh(0)	Wv(3), Wh(1)	Wv(3), Wh(2)	Wv(3), Wh(3)	Wv(0), Wh(0)	Wv(0), Wh(1)	Wv(0), Wh(2)	Wv(0), Wh(3)

【０４５０】

上記の表１６の例示で、I_1＝０の場合、垂直ビームフォーミングのための２個の重み

ベクトル／行列であるＷｖ（０）又はＷｖ（１）が指示され、水平ビームフォーミングのための４個の候補重みベクトル／行列であるＷｈ（０）、Ｗｈ（１）、Ｗｈ（２）及びＷｈ（３）が指示される。これに加えて、$Ｉ_{2}$の値によって上記垂直ビームフォーミングのための２個の重みベクトル／行列であるＷｖ（０）又はＷｖ（１）のいずれか一つが特定され、また上記４個の水平ビームフォーミング重みベクトル／行列候補のいずれか一つが特定されてもよい。他の$Ｉ_{1}$値に対しても類似の方式で垂直ビームフォーミングのための２個の（候補）垂直ビームフォーミングのための重みベクトル／行列が決定され、$Ｉ_{2}$との組合せによって最終的に１つの垂直ビームフォーミングのための重みベクトル／行列が指示され、また水平ビームフォーミングのための重みベクトル／行列のいずれか一つが指示されてもよい。

【０４５１】

（実施例１－４）

第１指示子（例えば、$Ｉ_{1}$）によって指示されるプリコーダセットは、垂直ビームフォーミングのための１つ以上の候補重みベクトル／行列の一部及び水平ビームフォーミングのための１つ以上の候補重みベクトル／行列の全てを含む。互いに異なる第１指示子（$Ｉ_{1}$）によって垂直ビームフォーミング重みベクトル／行列は重複せず、互いに異なる垂直ビームフォーミング重みベクトル／行列が決定される。互いに異なる第１指示子（$Ｉ_{1}$）に対して同じ水平ビームフォーミング重みベクトル／行列が対応してもよい。

【０４５２】

例えば、下記の表１７のように、第１指示子（$Ｉ_{1}$）及び第２指示子（$Ｉ_{2}$）によって３－次元ビームフォーミングのためのプリコーダベクトル／行列を特定することができる。

【０４５３】

【表１７】

【表１７】

I_1 \ I_2	0	1	2	3	4	5	6	7
0	Wv(0), Wh(0)	Wv(0), Wh(1)	Wv(0), Wh(2)	Wv(0), Wh(3)	Wv(1), Wh(0)	Wv(1), Wh(1)	Wv(1), Wh(2)	Wv(1), Wh(3)
1	Wv(2), Wh(0)	Wv(2), Wh(1)	Wv(2), Wh(2)	Wv(2), Wh(3)	Wv(3), Wh(0)	Wv(3), Wh(1)	Wv(3), Wh(2)	Wv(3), Wh(3)
2	Wv(4), Wh(0)	Wv(4), Wh(1)	Wv(4), Wh(2)	Wv(4), Wh(3)	Wv(5), Wh(0)	Wv(5), Wh(1)	Wv(5), Wh(2)	Wv(5), Wh(3)
3	Wv(6), Wh(0)	Wv(6), Wh(1)	Wv(6), Wh(2)	Wv(6), Wh(3)	Wv(7), Wh(0)	Wv(7), Wh(1)	Wv(7), Wh(2)	Wv(7), Wh(3)

【０４５４】

上記の表１７の例示で、$Ｉ_{1}$＝０の場合、垂直ビームフォーミングのための２個の重みベクトル／行列であるＷｖ（０）又はＷｖ（１）が指示され、水平ビームフォーミングのための４個の候補重みベクトル／行列であるＷｈ（０）、Ｗｈ（１）、Ｗｈ（２）及びＷｈ（３）が指示される。これに加えて、$Ｉ_{2}$の値によって上記垂直ビームフォーミングのための２個の重みベクトル／行列であるＷｖ（０）又はＷｖ（１）のいずれか一つが特定され、また上記４個の水平ビームフォーミング重みベクトル／行列候補のいずれか一つが特定されてもよい。他の$Ｉ_{1}$値に対しても類似の方式で垂直ビームフォーミングのための２個の（候補）垂直ビームフォーミングのための重みベクトル／行列が決定され、$Ｉ_{2}$との組合せによって最終的に１つの垂直ビームフォーミングのための重みベクトル／行列が指示され、また水平ビームフォーミングのための重みベクトル／行列のいずれか一つが指示されてもよい。

【０４５５】

（実施例１－５）

第１指示子（例えば、Ｉ$_1$）によって指示されるプリコーダセットは、垂直ビームフォーミングのための１つ以上の候補重みベクトル／行列の一部及び水平ビームフォーミングのための１つ以上の候補重みベクトル／行列の一部を含む。第１指示子（Ｉ$_1$）の第１値に対応する垂直ビームフォーミング重みベクトル／行列は、第２値に対応する垂直ビームフォーミング重みベクトル／行列と一部又は全てが重複してもよい。互いに異なる第１指示子（Ｉ$_1$）によって水平ビームフォーミング重みベクトル／行列は重複せず、互いに異なる水平ビームフォーミング重みベクトル／行列が決定される。

【０４５６】

例えば、下記の表１８のように、第１指示子（Ｉ$_1$）及び第２指示子（Ｉ$_2$）によって３－次元ビームフォーミングのためのプリコーダベクトル／行列を特定することができる。

【０４５７】

【表１８】

【表１８】

I_1 \ I_2	0	1	2	3
0	Wv(0), Wh(0)	Wv(0), Wh(1)	Wv(0), Wh(2)	Wv(0), Wh(3)
1	Wv(0), Wh(4)	Wv(0), Wh(5)	Wv(0), Wh(6)	Wv(0), Wh(7)
2	Wv(1), Wh(0)	Wv(1), Wh(1)	Wv(1), Wh(2)	Wv(1), Wh(3)
3	Wv(1), Wh(4)	Wv(1), Wh(5)	Wv(1), Wh(6)	Wv(1), Wh(7)

【０４５８】

上記の表１８の例示で、Ｉ$_1$＝０の場合、垂直ビームフォーミングのための１つの重みベクトル／行列であるＷｖ（０）が指示され、水平ビームフォーミングのための４個の候補重みベクトル／行列であるＷｈ（０）、Ｗｈ（１）、Ｗｈ（２）及びＷｈ（３）が指示される。これに加えて、Ｉ$_2$の値によって上記４個の水平ビームフォーミング重みベクトル／行列候補のいずれか一つが特定されてもよい。他のＩ$_1$値に対しても類似の方式で垂直ビームフォーミングのための重みベクトル／行列のいずれか一つが指示され、Ｉ$_2$との組合せによって水平ビームフォーミングのための重みベクトル／行列のいずれか一つが指示されてもよい。

【０４５９】

また、前述した様々な例示に対して、上記の実施の形態１で説明した方式によってＤｏＡベース又はＤＦＴベースのプリコーディング重みベクトル／行列が構成されてもよい。

【０４６０】

また、垂直ドメインのＰＭＩの値によって水平ドメインのコードブックサイズが適応的に変更されるようにコードブックを設計することもできる。例えば、Ｗｖ（０）に対しては、Ｗｈ（０）乃至Ｗｈ（７）の７個の水平ドメインＰＭＩを対応付け、大きいサイズのコードブックを設計し、Ｗｖ（３）に対しては、Ｗｈ（０）及びＷｈ（１）の２個の水平ドメインＰＭＩのみを対応付け、より小さいサイズのコードブックを設計することもできる。

【０４６１】

また、垂直方向における仰角の値（又は、範囲）によって異なるサイズのコードブックを設計することもできる。例えば、仰角０°乃至４５°の範囲に対しては、より多数の垂直及び／又は水平プリコーディング重み行列／ベクトルが含まれるようにし（すなわち、より密集したビームフォーミングを支援し）、仰角４５°乃至９０°の範囲に対しては、

より少数の垂直及び／又は水平プリコーディング重み行列／ベクトルが含まれるように（すなわち、よりまばらなビームフォーミングを支援するように）コードブックを設計することができる。他の例示として、仰角０°乃至－４５°の範囲に対しては、より多数の垂直及び／又は水平プリコーディング重み行列／ベクトルが含まれるようにし（すなわち、より密集したビームフォーミングを支援し）、仰角０°乃至９０°の範囲に対しては、より少数の垂直及び／又は水平プリコーディング重み行列／ベクトルが含まれるように（すなわち、よりまばらなビームフォーミングを支援するように）コードブックを設計することもできる。これと類似に、特定の仰角範囲に対しては垂直／水平プリコーディング重み行列／ベクトルが密集して又はまばらに定義されるようにコードブックを設計することもできる。

【０４６２】

以下に説明する実施例は、水平ビームフォーミングのためのコードブックセットと垂直ビームフォーミングのためのコードブックセットとを区分して構成する方案に関する。

【０４６３】

（実施例２）

本実施例は、垂直ビームフォーミングのためのプリコーディング重みベクトル／行列を含むコードブック（以下、垂直ビームフォーミングコードブック）を構成する方案に関する。

【０４６４】

本実施例によれば、垂直ビームフォーミングコードブックの特定の１つのプリコーディングベクトル／行列を、２個の指示子（又は、２個のＰＭＩ）の組合せによって決定又は指示することができる。２個の指示子を、例えば、Ｖ－Ｉ$_1$及びＶ－Ｉ$_2$と呼ぶことができる。Ｖ－Ｉ$_1$及びＶ－Ｉ$_2$は、同時に報告してもよく、フィードバックオーバーヘッドの減少のために互いに異なる時点に報告してもよい。ここで、垂直ビームフォーミングのためのＰＭＩ（例えば、Ｖ－Ｉ$_1$及び／又はＶ－Ｉ$_2$）は、ロング－ターム（ｌｏｎｇ－ｔｅｒｍ）で報告され、広帯域（ｗｉｄｅｂａｎｄ）に適用されてもよい。又は、垂直ビームフォーミングのためのＰＭＩのうち、Ｖ－Ｉ$_1$は、Ｖ－Ｉ$_2$に比べてロング－タームで報告され、広帯域に適用されてもよい。

【０４６５】

このように垂直ビームフォーミングのためのプリコーディング重みベクトル／行列が２個の指示子によって指示される場合、最終的に、３－次元ビームフォーミングのためのプリコーディング重みベクトル／行列は、水平ビームフォーミングのための１つの（又は、複数個の）プリコーディングベクトル／行列の追加的な組合せによって特定することができる。例えば、３－次元ビームフォーミングのためのプリコーディング重みベクトル／行列を、２個のＶ－ＰＭＩと１個のＨ－ＰＭＩとの組合せによって指示することができる。

【０４６６】

Ｖ－ＰＭＩ（例えば、Ｖ－Ｉ$_1$及び／又はＶ－Ｉ$_2$）が上記の実施の形態１で説明した方式によってＤｏＡベース又はＤＦＴベースに構成されたプリコーディング重みベクトル／行列を指示するように、垂直ビームフォーミングコードブックを構成することができる。

【０４６７】

また、垂直ドメインにおけるアンテナポートの個数によってＶ－ＰＭＩ（例えば、Ｖ－Ｉ$_1$及び／又はＶ－Ｉ$_2$）のサイズ又は長さが決定される。

【０４６８】

また、Ｖ－Ｉ$_1$の第１値に対応する垂直ビームフォーミング重みベクトル／行列は、第２値に対応する垂直ビームフォーミング重みベクトル／行列と一部又は全てが重複してもよい。例えば、下記の表１９のように、Ｖ－Ｉ$_1$及びＶ－Ｉ$_2$によって垂直ビームフォーミングのためのプリコーディングベクトル／行列を特定することができる。

【０４６９】

【表１９】

【表１９】

$V-I_1$ \ $V-I_2$	0	1
0	Wv (0)	Wv (1)
1	Wv (1)	Wv (2)
2	Wv (2)	Wv (3)
3	Wv (3)	Wv (0)

【０４７０】
上記の表１９の例示で、Ｖ－Ｉ$_1$＝０の場合、垂直ビームフォーミングのための２個の候補重みベクトル／行列であるＷｖ（０）及びＷｖ（１）が指示され、このうち一つはＶ－Ｉ$_2$の値によって決定される。Ｖ－Ｉ$_1$＝１の場合、垂直ビームフォーミングのための２個の候補重みベクトル／行列であるＷｖ（１）及びＷｖ（２）が指示され、このうち一つはＶ－Ｉ$_2$の値によって決定される。他のＶ－Ｉ$_1$値に対しても類似の方式によって垂直ビームフォーミングのための重みベクトル／行列の候補群が指示され、Ｖ－Ｉ$_2$との組合せによってそのうちの１つの垂直ビームフォーミングのための重みベクトル／行列が指示されてもよい。
【０４７１】
Ｖ－Ｉ$_1$とＶ－Ｉ$_2$が互いに異なる時点に報告される場合に、報告周期を次のように設定することができる。
【０４７２】
Ｖ－Ｉ$_1$とＶ－Ｉ$_2$との関係では、Ｖ－Ｉ$_2$はＶ－Ｉ$_1$よりも頻繁に報告される（又は、Ｖ－Ｉ$_2$の報告周期はＶ－Ｉ$_1$の報告周期よりも短く与えられてもよい）。
【０４７３】
Ｖ－Ｉ$_2$とＨ－ＰＭＩとの関係では、Ｖ－Ｉ$_2$はＨ－ＰＭＩよりも頻繁に報告される（又は、Ｖ－Ｉ$_2$の報告周期はＨ－ＰＭＩの報告周期よりも短く与えられてもよい）。又は、Ｖ－Ｉ$_2$はＨ－ＰＭＩと同じ時点で報告されてもよい。
【０４７４】
仮に、Ｈ－ＰＭＩが２個の指示子（例えば、Ｈ－Ｉ$_1$及びＨ－Ｉ$_2$）で構成される場合、Ｈ－Ｉ$_1$はＶ－Ｉ$_2$と同じ時点で報告されてもよい。又は、Ｈ－Ｉ$_1$はＲＩと同じ時点で報告されてもよい。又は、Ｈ－Ｉ$_1$は、他のＰＭＩ又は他のＣＳＩと同時に報告されず、単独で報告されてもよい。又は、Ｈ－Ｉ$_1$とＨ－Ｉ$_2$は同じ時点で報告されてもよい。
【０４７５】
（実施例３）
本実施例は、垂直ビームフォーミングのためのプリコーディング重みベクトル／行列を含むコードブック（以下、垂直ビームフォーミングコードブック）を構成する他の方案に関する。
【０４７６】
本実施例によれば、垂直ビームフォーミングコードブックの特定の１つのプリコーディングベクトル／行列を１つの指示子（又は、１つのＰＭＩ）によって決定又は指示することができる。このような１つの指示子を、例えば、Ｖ－Ｉと呼ぶことができる。ここで、垂直ビームフォーミングのためのＰＭＩ（例えば、Ｖ－Ｉ）はロング－ターム（ｌｏｎｇ－ｔｅｒｍ）で報告され、広帯域（ｗｉｄｅｂａｎｄ）に適用されてもよい。
【０４７７】
このように垂直ビームフォーミングのためのプリコーディング重みベクトル／行列が１つの指示子（例えば、Ｖ－Ｉ）によって指示される場合、最終的に、３－次元ビームフォーミングのためのプリコーディング重みベクトル／行列を、水平ビームフォーミングのた

めの１つの（又は、複数個の）プリコーディングベクトル／行列の追加的な組合せによって特定することができる。例えば、３－次元ビームフォーミングのためのプリコーディング重みベクトル／行列を、１つのＶ－Ｉと１つ以上のＨ－ＰＭＩ（例えば、Ｈ－Ｉ、又はＨ－Ｉ$_1$及びＨ－Ｉ$_2$）の組合せによって指示することができる。

【０４７８】

Ｖ－Ｉが上記の実施の形態１で説明した方式によってＤｏＡベース又はＤＦＴベースに構成されたプリコーディング重みベクトル／行列を指示するように、垂直ビームフォーミングコードブックを構成することができる。

【０４７９】

また、垂直ドメインにおけるアンテナポートの個数によってＶ－Ｉのサイズ又は長さが決定される。

【０４８０】

例えば、表２０に示すように、Ｖ－Ｉは、特定の１つの垂直ビームフォーミングプリコーディング重みベクトル／行列を指示することができる。

【０４８１】

【表２０】

【表２０】

V-I	
0	Wv(0)
1	Wv(1)
2	Wv(2)
3	Wv(3)

【０４８２】

一方、Ｖ－Ｉは、Ｈ－ＰＭＩ（例えば、Ｈ－Ｉ、又はＨ－Ｉ$_1$及びＨ－Ｉ$_2$）と異なる時点に報告されてもよい。この場合、Ｖ－ＩはＨ－ＰＭＩよりも頻繁に報告されてもよい（又は、Ｖ－Ｉの報告周期はＨ－ＰＭＩの報告周期よりも短く与えられてもよい）。

【０４８３】

前述した実施例の変形例として、垂直ビームフォーミング重みベクトル／行列と水平ビームフォーミング重みベクトル／行列とを合成し、３－次元ビームフォーミングのための（すなわち、垂直ビームフォーミング及び水平ビームフォーミングを同時に決定する）重みベクトル／行列を構成することもできる。例えば、１つのＰＭＩが垂直ドメイン及び水平ドメインの両方に適用される１つのプリコーディングベクトル／行列を指示するように、コードブックを構成することもできる。このようなコードブックを構成し、１つのＰＭＩ又は複数個のＰＭＩの組合せによって特定の１つの３－次元プリコーディングベクトル／行列を指示することができる。

【０４８４】

（実施の形態３）

本実施の形態３は、ＰＵＣＣＨ報告タイプを定義する方案に関する。具体的に、ＡＡＳベースの２－次元アレイアンテナ構成を有するＭＩＭＯシステムにおいてＵＥ－特定垂直ビームフォーミング及び水平ビームフォーミングを行う時、垂直ビームフォーミングのためのプリコーダのインデックス及び水平ビームフォーミングのためのプリコーダのインデックスを報告する方案について提案する。

【０４８５】

既存の３ＧＰＰ　ＬＴＥシステム（例えば、３ＧＰＰ　ＬＴＥリリース－８、９、１０、１１）においてＰＵＣＣＨリソースは最大１１ビット乃至最大１３ビットを送信できるように設計されている。また、ランク－２以上の送信では、２個の伝送ブロック（又は、２個のコードワード）を支援することができ、２個の伝送ブロックは２個のコードワード

に一対一でマップされる。また、ＣＱＩはそれぞれの伝送ブロック（又は、コードワード）に対して測定及び報告される。この場合、第１伝送ブロック（又は、コードワード）のＣＱＩは４ビットで表現され、第２伝送ブロック（又は、コードワード）に対するＣＱＩは３ビットで表現され、このため、２伝送ブロック（又は、２コードワード）送信に対するＣＱＩを報告するために合計７ビットが要求される。また、プリコーディングが適用されるシステムにおいてＰＭＩを報告するために４ビットが必要であれば、プリコーディング及びＣＱＩを同時に報告するために最大１１ビットが用いられる。

【０４８６】

既存の３ＧＰＰ　ＬＴＥシステムでは水平ビームフォーミングのみを支援し、このためのＣＳＩの報告のためにＰＵＣＣＨが用いられる場合の報告方式を次のように定義している。特に、８Ｔｘ送信のためのコードブックは、２個の指示子（第１指示子（i_1）及び第２指示子（i_2））に基づいて設計されており、そのために、ＰＵＣＣＨ報告モードでは３つの方式で第１指示子及び第２指示子を報告することができる。

【０４８７】

第一の方式は、第１指示子（i_1）を報告した後、第２指示子（i_2）とＣＱＩを同時に報告する方式である。

【０４８８】

第二の方式は、第１指示子（i_1）、第２指示子（i_2）及びＣＱＩを同時に報告する方式である。

【０４８９】

第三の方式は、第１指示子（i_1）が報告されるか否かを示す特定指示子（例えば、Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ　Ｔｙｐｅ　Ｉｎｄｉｃａｔｏｒ；ＰＴＩ）を定義し、これによって異なる報告方式を適用する。仮に、上記特定指示子が、第１指示子（i_1）が報告されることを示すと、所定の時間に第１指示子（i_1）を報告した後、第２指示子（i_2）とＣＱＩを同時に報告する。仮に、上記特定指示子が、第１指示子（i_1）が報告されないことを示すと、所定の時間に第２指示子（i_2）及びＣＱＩを同時に報告する（この場合、第１指示子（i_1）無しで第２指示子（i_2）だけでは特定プリコーディングベクトル／行列を決定できないことから、以前に報告された第１指示子（i_1）を用いると仮定して特定プリコーディングベクトル／行列を決定又は指示することができる）。

【０４９０】

発展した３ＧＰＰ　ＬＴＥシステム（例えば、３ＧＰＰ　ＬＴＥリリース－１１以降）では、ＡＡＳベースの２－次元アレイアンテナ構成を仮定したＭＩＭＯシステムに対する潜在的な利得を最大化するための議論が進行中である。ＡＡＳベースの２－次元アレイアンテナ構成では、垂直ドメインビームフォーミングを可変的に及び／又はＵＥ－特定に行うことができるという点が、既存のシステムと区別される特徴である。このような垂直ビームフォーミングを適用するにあたり、既存のシステムと区別される点は、ＵＥが自身に最適の（又は、好む）垂直ドメインビーム方向を選択して基地局に報告するということである。以下では、垂直ビームフォーミングと水平ビームフォーミングのためのＰＭＩを報告する際にさらに考慮すべきＵＥ動作について提案する。

【０４９１】

本発明では、ＰＵＣＣＨを用いたＣＳＩ報告の場合、垂直ビームフォーミングのためのＰＭＩ（Ｖ－ＰＭＩ）が報告されるか否かを示す特定指示子（又は、フラグ指示子）を定義する。この特定指示子を、Ｖ－ＰＭＩ報告タイプ指示子（Ｒｅｐｏｒｔｉｎｇ　Ｔｙｐｅ　Ｉｎｄｉｃａｔｏｒ；ＲＴＩ）と呼ぶ。Ｖ－ＰＭＩ　ＲＴＩは、ＵＥがＰＵＣＣＨを介して送信するＣＳＩに含まれてもよい。また、Ｖ－ＰＭＩ　ＲＴＩの値によって、ＵＥはＶ－ＰＭＩ報告を行っても行わなくてもよい（又は、ＵＥがＶ－ＰＭＩ報告を行うか行わないかによって、Ｖ－ＰＭＩ　ＲＴＩの値が決定されると表現することもできる。）。

【０４９２】

仮に、Ｖ－ＰＭＩ　ＲＴＩが第１値（又は、Ｏｎを示す値）に設定されると、Ｖ－ＰＭＩ　ＲＴＩの報告後にＶ－ＰＭＩを報告することができる。この場合、Ｖ－ＰＭＩの報告

後に、Ｈ－ＰＭＩを報告することができる。又は、Ｖ－ＰＭＩ及びＨ－ＰＭＩを同じ時点で報告することもできる。又は、Ｖ－ＰＭＩとＨ－ＰＭＩの一部を同じ時点で報告し、その後、Ｈ－ＰＭＩの残りの一部を報告することもできる（例えば、Ｖ－ＰＭＩ及びＨ－ＰＭＩ$_1$を同時に報告した後、Ｈ－ＰＭＩ$_2$及びＣＱＩを同時に報告することもできる。）。

【０４９３】

仮に、Ｖ－ＰＭＩ　ＲＴＩが第２値（又は、Ｏｆｆを示す値）に設定される場合、Ｖ－ＰＭＩ　ＲＴＩの報告後に、Ｖ－ＰＭＩを報告することなくＨ－ＰＭＩのみを報告することができる。この場合、垂直ビームフォーミングのためのプリコーダは、最も最近に報告された（例えば、Ｖ－ＰＭＩ　ＲＴＩの報告以前において最後に報告された）Ｖ－ＰＭＩによって指示されたプリコーダがそのまま用いられると仮定することができる。又は、垂直ビームフォーミングのためのプリコーダは、デフォルト（ｄｅｆａｕｌｔ）に設定されている特定Ｖ－ＰＭＩによって指示されるプリコーダを用いることもできる。デフォルトＶ－ＰＭＩは、最低の番号（又は、インデックス）を有するＶ－ＰＭＩであってもよい。

【０４９４】

Ｖ－ＰＭＩ　ＲＴＩをＲＩと結合して報告することもできる。この場合、Ｖ－ＰＭＩはランク－１に基づいて選択／決定されたものと仮定し、報告されるＲＩは、Ｈ－ＰＭＩの選択／決定の基礎となるランク値を示すものとして用いることができる（例えば、Ｖ－ＰＭＩ　ＲＴＩの値がＯｎを示すかＯｆｆを示すかに関係なく、ＲＩは、その後に報告されるＨ－ＰＭＩに関連した送信ランク値を示すことができる。）。又は、報告されるＲＩは、Ｖ－ＰＭＩ及びＨ－ＰＭＩの組合せによって指示されるプリコーディングベクトル／行列（又は、Ｖ－ＰＭＩによって指示されるプリコーディングベクトル／行列とＨ－ＰＭＩによって指示されるプリコーディングベクトル／行列との結合（例えば、Ｋｒｏｎｅｃｋｅｒ　ｐｒｏｄｕｃｔ）の結果から得られるプリコーディングベクトル／行列）のランク値を示すものとして用いることもできる。

【０４９５】

又は、Ｖ－ＰＭＩ　ＲＴＩは、ＲＩに先立って報告されてもよい。この場合、Ｖ－ＰＭＩはランク－１に基づいて選択／決定されたものと仮定し、報告されるＲＩはＨ－ＰＭＩの選択／決定の基礎となるランク値（すなわち、Ｈ－ＰＭＩに関連したランク値）を示すものとして用いることができる。また、Ｖ－ＰＭＩ　ＲＴＩの報告周期は、ＲＩの報告周期の整数倍とすることができ、ＲＩに先立ってＶ－ＰＭＩ　ＲＴＩが報告されることは、所定の報告時点（例えば、ＲＩ報告時点）を基準とするオフセット（ｏｆｆｓｅｔ）値で示すことができる。

【０４９６】

（実施の形態４）

本実施の形態４は、垂直ビームフォーミングが適用される場合に、レガシー（ｌｅｇａｃｙ）ＭＩＭＯ動作を支援する方案に関する。レガシーＭＩＭＯ動作とは、垂直ビームフォーミングが導入される前のシステム（例えば、水平ビームフォーミングのみを支援するシステム）で定義されたＭＩＭＯ送信技法を意味する。

【０４９７】

既存の３ＧＰＰ　ＬＴＥシステム（例えば、３ＧＰＰ　ＬＴＥリリース－８、９、１０、１１）では、パッシブアンテナベースの垂直ティルティング（ｖｅｒｔｉｃａｌ　ｔｉｌｔｉｎｇ）を仮定し、垂直ドメインビームフォーミングには固定されたパターンが用いられ（又は、何らの垂直ドメインビームフォーミングも適用されないと表現することもできる。）、水平ドメインの１－次元アレイベースのＭＩＭＯ送信動作が定義されている。ＭＩＭＯ送信技法（ｓｃｈｅｍｅ）としては、単一アンテナポート送信技法、送信ダイバーシチ技法、空間多重化技法、閉－ループＭＩＭＯ技法、単一－レイヤビームフォーミング技法、二重－レイヤビームフォーミング技法、多重－レイヤビームフォーミング技法などが定義されている。

【０４９８】

基本的な送信方法は、単一アンテナポート送信技法及び送信ダイバーシチ技法である。ＣＲＳアンテナポートの個数によって、１個のＣＲＳポートが使用されると単一アンテナポート送信技法を、２個のＣＲＳポートが使用されるとＳＦＢＣ（Ｓｐａｃｅ－Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ　Ｂｌｏｃｋ　Ｃｏｄｅ）技法を、４個のＣＲＳポートが使用されるとＳＦＢＣ－ＦＳＴＤ（Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ　Ｓｗｉｔｃｈｅｄ　Ｔｒａｎｓｍｉｔ　Ｄｉｖｅｒｓｉｔｙ）技法を、基本的な送信方法として用いることができる。

【０４９９】

ＣＲＳは、セル選択のためのＲＳＲＰ（Ｒｅｆｅｒｅｎｃｅ　Ｓｉｇｎａｌ　Ｒｅｃｅｉｖｅｄ　Ｐｏｗｅｒ）／ＲＳＲＱ（Ｒｅｆｅｒｅｎｃｅ　Ｓｉｇｎａｌ　Ｒｅｃｅｉｖｅｄ　Ｑｕａｌｉｔｙ）測定のために用いられてもよく、リンク適応（ｌｉｎｋ　ａｄａｐｔａｔｉｏｎ）のための情報としてのＣＱＩを測定するために用いられてもよく、プリコーディングベースの送信技法のための情報としてのＰＭＩ選択のために用いられてもよく、高いランクを支援するためのランク選択のために用いられてもよく、データ及び制御チャネルの復調のために用いられてもよい。

【０５００】

パッシブアンテナが使用される場合には、単一垂直ビームフォーミングが適用され、ＣＲＳ、ＣＳＩ－ＲＳ、ＤＭＲＳ（又は、ＵＥ－特定ＲＳ）、同期信号、制御チャネル、データチャネルなどのいずれにも同じ垂直ビームフォーミングが適用されるため（又は、何らの垂直ビームフォーミングの適用もないと表現することもできる。）、垂直ドメインでは同じカバレッジを有する。

【０５０１】

一方、ＡＡＳベースの２－次元アンテナアレイに垂直ビームフォーミングが適用される場合、垂直ドメインに対して可変的なビームフォーミングが可能になる。このため、ＲＳ（ＣＲＳ、ＣＳＩ－ＲＳ、ＤＭＲＳ（又は、ＵＥ－特定ＲＳ）など）、同期信号、制御チャネル、データチャネルなどに互いに異なる垂直ビームフォーミングが適用されてもよい。この場合、測定不整合（ｍｅａｓｕｒｅｍｅｎｔ　ｍｉｓｍａｔｃｈ）の問題が発生したり、レガシー技法では垂直ビームフォーミングの適用そのものを考慮しないことから、垂直ビームフォーミングの適用がレガシー個体（ＵＥ、ｅＮＢなど）の動作に不明瞭性（ａｍｂｉｇｕｉｔｙ）を招くなどの問題が発生しうる。これを解決するために、以下、垂直ビームフォーミングの導入による本発明の様々な例示について説明する。

【０５０２】

（実施例１）

本実施例では、多重の垂直ビームフォーミング（又は、垂直電気的ティルティング（ｖｅｒｔｉｃａｌ　ｅｌｅｃｔｒｉｃ　ｔｉｌｔｉｎｇ）、又は単なる垂直ティルティング）ベース送信ダイバーシチを仮定するＣＱＩ計算方案について説明する。

【０５０３】

ＤＭＲＳベースのデータ送信のためのＣＳＩフィードバックは、ＰＭＩを報告する場合と、ＰＭＩを報告しない場合とに区別される。例えば、ＣＳＩ－ＲＳに基づいてＣＳＩを生成及び報告する場合に、ＰＭＩ及びこれに基づくＣＱＩを報告することができる。一方、ＴＤＤシステムにおいてＣＲＳに基づいてＣＳＩを生成及び報告する場合には、ＰＭＩ無しでＣＱＩを報告することもできる。この場合には、基地局が上りリンク参照信号からプリコーディング重みを測定し、端末はＰＭＩ無しでＣＱＩを基地局に報告することができる。ここで、端末はＰＭＩを報告しないが、開－ループ空間多重化技法又は送信ダイバーシチ技法を仮定してＣＱＩを測定及び報告することができる。開－ループＭＩＭＯ送信を仮定して測定されたＳＮＲ（Ｓｉｇｎａｌ－ｔｏ－Ｎｏｉｓｅ　Ｒａｔｉｏ）に比べて、プリコーディングが適用される場合には所定のレベル（例えば、３ｄＢ）だけＳＮＲが向上することを考慮して、基地局は端末の報告したＣＱＩを補正して用いることができる。

【０５０４】

一方、閉－ループプリコーディング及び固定ビームフォーミングが適用される場合には

、ユーザの位置によってＳＮＲに相当な差（例えば、０ｄＢ乃至６ｄＢ）が発生しうる。すなわち、固定された方向へのビームは、一つの位置では集中した信号強度によってＳＮＲが高いものとして測定されうるが、他の位置では信号強度が低く測定されるため、ＳＮＲが低いものとして測定されうる。このため、垂直ドメインで固定ビームフォーミングが適用される場合、ユーザ位置によってＣＱＩ計算値に大きな差が出る。

【０５０５】

既存のパッシブアンテナは、垂直ドメインで固定ビームパターンを使用するものと見なすことができる。一方、ＡＡＳの場合には、ＣＲＳは（レガシーシステムと同様に）固定ビームパターンで送信され、ＤＭＲＳベースのデータ送信には可変的な垂直ビームフォーミングが適用されると仮定する。ここで、ＰＭＩが報告されない場合にＣＲＳに基づいてＣＱＩを計算するとき、垂直ドメインにおける固定ビームフォーミングの適用によってユーザの位置別にＳＮＲに大きな差が出るという問題が発生しうる。これを解決するために、本発明では次のような方案を提案する。

【０５０６】

ＰＭＩが報告されない場合には、ＳＮＲを垂直ビームフォーミング方向（又は、垂直ティルティング）によって計算するようにすることができる。また、３ＧＰＰ　ＬＴＥ送信モード２（ＴＭ２）（すなわち、送信ダイバーシチ）のためには、垂直ビームフォーミング（又は、垂直ティルティング）情報を上位層（例えば、ＲＲＣ）シグナリングを用いて端末に伝達することができる。また、既存のシステムに基づいてＰＭＩを報告しない場合といっても、これは水平ドメインにおけるプリコーディング情報を報告しないものと定義されるため、垂直ビームフォーミング（又は、垂直ティルティング）情報を端末に報告させる追加の動作を定義することもできる。

【０５０７】

また、垂直ビームフォーミング（又は、垂直ティルティング）を考慮してＣＱＩを計算するようにするための特別な参照信号（ＲＳ）を端末に設定することもできる。この特別なＲＳとしては、ＣＳＩ－ＲＳが用いられてもよく、又は既存に定義されたＣＲＳとは異なる測定目的のＣＲＳが用いられてもよい。

【０５０８】

ここで、垂直ビームフォーミング（又は、垂直ティルティング）は、垂直ドメインビームフォーミングのための重みベクトルとして表現することができる。また、垂直ビームフォーミング（又は、垂直ティルティング）は、ＣＲＳ別に異なる垂直ティルティングを適用することによって、端末にとって互いに異なるセルからのＣＲＳ（また、互いに異なる垂直ビームフォーミング（又は、垂直ティルティング）が適用されたＣＲＳ）として認識するようにすることもできる。また、複数個の垂直セクター化されたＣＳＩ－ＲＳ設定を端末に知らせることによって、端末にとってそれぞれのＣＳＩ－ＲＳ設定に対応する垂直ドメインセクターに対するＣＳＩを計算／選択するようにすることもできる。

【０５０９】

（実施例２）

垂直ビームフォーミングのために新しい送信モードを定義することができる。このような新しい送信モードは、垂直ビームフォーミング及び水平ビームフォーミングを行うプリコーディング技法と、フィードバック情報無しにも動作できるフォールバック（ｆａｌｌｂａｃｋ）技法を含むことができる。フォールバック技法は、通信上に問題があるとき、特別な設定無しにも実行可能な基本的な動作といえる。

【０５１０】

例えば、上記フォールバック技法は、Ｖ－ＰＭＩインデックスが０の場合に該当する垂直ビームフォーミングのためのプリコーディングベクトル／行列を用いるとともに、単一アンテナ送信技法を適用するものと定義することができる。又は、上記フォールバック技法としては、開－ループ送信を適用した垂直ドメインセクター化に基づく送信技法を適用することもできる。

【０５１１】

以下、フォールバック技法などを支援するために、デフォルト垂直ビームフォーミング（又は、デフォルトプリコーディング重み）を用いる方案について説明する。

【０５１２】

レガシーＭＩＭＯ技法を適用するために、垂直ドメインでは固定されたプリコーディング重みを用いるようにすることができる。

【０５１３】

ＡＡＳベースの２－次元アレイアンテナ構成が適用されるＭＩＭＯシステムにおいて垂直ドメインビームフォーミングのためにアンテナ要素にビームフォーミング重みベクトル／行列が適用されるとすれば、レガシーＭＩＭＯ技法のために、垂直ドメインのための重みベクトル／行列のうち特定（又は、デフォルト）プリコーディング重みベクトル／行列を用いて特定（又は、デフォルト）アンテナポートを構成することができる。仮にコードブックの形態で重みベクトル／行列が定義されていると、コードブックにおける特定要素（例えば、最低のインデックスに対応するプリコーディング重みベクトル／行列）が上記特定（又は、デフォルト）プリコーディング重みベクトル／行列として用いられてもよい。

【０５１４】

例えば、垂直ドメインに４個のアンテナ要素が存在し、水平ドメインに４個のアンテナ要素が存在する２－次元アンテナアレイを仮定する。この場合、下記の式４１のように、垂直ドメインの特定（又は、デフォルト）重みベクトルを適用して水平ドメインの４個のアンテナポートを構成することができる。

【０５１５】

【数４１】

【数41】

$$
\begin{aligned}
&H_{ap}\\
&=[H_0\ H_1\ H_2\ H_3]\\
&=H_{ae}\cdot W_v\\
&=[H_{00}\ H_{01}\ H_{02}\ H_{03};\ H_{10}\ H_{11}\ H_{12}\ H_{13};\ H_{20}\ H_{21}\ H_{22}\ H_{23};\ H_{30}\ H_{31}\ H_{32}\ H_{33}]\cdot\\
&[W_0;\ W_1;\ W_2;\ W_3]\\
&=[(H_{00}\ W_0+H_{10}\ W_1+H_{20}\ W_2+H_{30}\ W_3)\ (H_{01}\ W_0+H_{11}\ W_1+H_{21}\ W_2+H_{31}\ W_3)\\
&(H_{02}\ W_0+H_{12}\ W_1+H_{22}\ W_2+H_{32}\ W_3)\ (H_{03}\ W_0+H_{13}\ W_1+H_{23}\ W_2+H_{33}\ W_3)]
\end{aligned}
$$

【０５１６】

上記の式４１で、H_{ap}は、H_kによって構成される空間チャネルベクトル／行列である。H_kは、ｋに対する空間チャネルであり、ｋはアンテナポートインデックスである。H_{ae}は、H_{mn}によって構成される空間チャネルベクトル／行列である。H_{mn}は、アンテナ要素（ｍ，ｎ）に対する空間チャネルであり、ｍは、垂直ドメインにおけるアンテナ要素インデックスであり、ｎは、水平ドメインにおけるアンテナ要素インデックスである。W_vは、垂直ドメインビームフォーミングのための特定（又は、デフォルト）重みベクトル／行列である。

【０５１７】

（実施例３）

本発明によれば、時間ドメインで垂直セクター化を適用することができる。例えば、リソースが割り当てられる時間単位をサブフレームとすれば、サブフレーム別に異なる垂直ビームフォーミング（又は、垂直ティルティング）が適用されるようにすることができる。

【０５１８】

例えば、それぞれのサブフレーム単位に異なる垂直ビームフォーミング（又は、垂直ティルティング）を適用されるようにすることができる。又は、連続するＮ（例えば、Ｎ＝２，５，１０）個のサブフレーム単位に異なる垂直ビームフォーミング（又は、垂直ティ

ルティング）が適用されてもよい。又は、ビットマップを用いて、第１垂直ビームフォーミング（又は、垂直ティルティング）が適用されるサブフレームと、第２垂直ビームフォーミング（又は、垂直ティルティング）が適用されるサブフレームとを区別して指示することもできる。又は、サブフレームタイプ（例えば、一般（ｎｏｒｍａｌ）サブフレームとＭＢＳＦＮサブフレーム）によって異なる垂直ビームフォーミング（又は、垂直ティルティング）が適用されるように設定することもできる。

【０５１９】

また、搬送波ベースの垂直セクター化も可能である。これは、互いに異なる搬送波（又は、セル）に対して互いに異なる垂直ビームフォーミング（又は、垂直ティルティング）が適用されるものと理解することができる。

【０５２０】

図２０は、本発明に係るチャネル状態情報（ＣＳＩ）送受信方法を説明するための図である。

【０５２１】

段階Ｓ１０で、基地局は端末に、２－次元アンテナ構造に対するＣＳＩ生成に利用可能な参照信号（例えば、ＣＳＩ－ＲＳ）を送信することができる。

【０５２２】

段階Ｓ２０で、端末は、基地局から受信した参照信号を用いて２－次元アンテナ構造に対するＣＳＩを生成することができる。

【０５２３】

段階Ｓ３０で、端末は、生成されたＣＳＩを基地局に報告することができる。

【０５２４】

２－次元アンテナ構造に対するＣＳＩ生成及び／又は報告において、本発明で提案する様々な例示（例えば、２－次元アンテナ構造に適合する垂直／水平ビームフォーミングを表現するためのプリコーディング行列構成方案、コードブック設計方案、プリコーディング行列指示子構成方案、プリコーディング行列指示子報告方案、レガシーシステムの個体を支援する方案など）の１つ又は２つ以上の組合せを適用することができる。

【０５２５】

図２０で説明する例示的な方法は、説明の簡明さのために動作のシリーズで表現されているが、これは段階が行われる順序を制限するためのものではなく、必要な場合には、それぞれの段階が同時に又は別の順序で行われてもよい。また、本発明で提案する方法を具現する上で、図２０に例示された全ての段階が必ずしも必要であるとは限らない。

【０５２６】

図２１は、本発明に係る端末装置及び基地局装置の好適な実施例の構成を示す図である。

【０５２７】

図２１に示すように、本発明に係る基地局装置１０は、送信器１１、受信器１２、プロセッサ１３、メモリ１４、及び複数個のアンテナ１５を備えることができる。送信器１１は、外部装置（例えば、端末）への各種信号、データ及び情報を送信することができる。受信器１２は、外部装置（例えば、端末）からの各種信号、データ及び情報を受信することができる。プロセッサ１３は、基地局装置１０の動作全般を制御することができる。複数個のアンテナ１５は、２－次元アンテナ構造によって構成することができる。

【０５２８】

本発明の一例による基地局装置１０のプロセッサ１３は、送信器１１を制御して端末に参照信号を送信し、上記参照信号を用いて上記端末で生成されたＣＳＩを、受信器１２を制御して上記端末から受信するように構成されてもよい。

【０５２９】

このような基地局装置１０の具体的な構成において、２－次元アンテナ構造に対するＣＳＩ生成及び／又は報告に対して本発明で提案する様々な例示（例えば、２－次元アンテナ構造に適した垂直／水平ビームフォーミングを表現するためのプリコーディング行列構

成方案、コードブック設計方案、プリコーディング行列指示子構成方案、プリコーディング行列指示子報告方案、レガシーシステムの個体を支援する方案など）の１つ又は２つ以上の組合せが適用されてもよい。

【０５３０】

基地局装置１０のプロセッサ１３は、その他にも、基地局装置１０が受信した情報、外部に送信する情報などを演算処理する機能を果たし、メモリ１４は、演算処理された情報などを所定時間記憶することができ、バッファー（図示せず）などの構成要素に代替されてもよい。

【０５３１】

図２１に示すように、本発明に係る端末装置２０は、送信器２１、受信器２２、プロセッサ２３、メモリ２４、及び複数個のアンテナ２５を備えることができる。複数個のアンテナ２５は、ＭＩＭＯ送受信を支援する端末装置を意味する。送信器２１は、外部装置（例えば、基地局）への各種信号、データ及び情報を送信することができる。受信器２２は、外部装置（例えば、基地局）からの各種信号、データ及び情報を受信することができる。プロセッサ２３は、端末装置２０の動作全般を制御することができる。

【０５３２】

本発明の一例による端末装置２０のプロセッサ２３は、受信器２２を制御して基地局から参照信号を受信し、上記参照信号を用いて生成された上記ＣＳＩを、送信器２１を制御して上記基地局に報告するように構成されてもよい。

【０５３３】

このような端末装置２０の具体的な構成において、２－次元アンテナ構造に対するＣＳＩ生成及び／又は報告に対して本発明で提案する様々な例示（例えば、２－次元アンテナ構造に適した垂直／水平ビームフォーミングを表現するためのプリコーディング行列構成方案、コードブック設計方案、プリコーディング行列指示子構成方案、プリコーディング行列指示子報告方案、レガシーシステムの個体を支援する方案など）の１つ又は２つ以上の組合せが適用されてもよい。

【０５３４】

端末装置２０のプロセッサ２３は、その他にも、端末装置２０が受信した情報、外部に送信する情報などを演算処理する機能を果たし、メモリ２４は、演算処理された情報などを所定時間記憶することができ、バッファー（図示せず）などの構成要素に代替されてもよい。

【０５３５】

また、本発明の様々な実施例の説明において、下りリンク送信主体（ｅｎｔｉｔｙ）又は上りリンク受信主体は主に基地局を例に挙げて説明し、下りリンク受信主体又は上りリンク送信主体は主に端末を例に挙げて説明したが、本発明の範囲がこれに制限されるものではない。例えば、基地局に関する説明は、セル、アンテナポート、アンテナポートグループ、ＲＲＨ、送信ポイント、受信ポイント、アクセスポイント、中継機などが端末への下りリンク送信主体となったり、端末からの上りリンク受信主体となる場合にも同一に適用することができる。また、中継機が端末への下りリンク送信主体となったり端末からの上りリンク受信主体となる場合、又は中継機が基地局への上りリンク送信主体となったり基地局からの下りリンク受信主体となる場合にも、本発明の様々な実施例で説明した本発明の原理を同一に適用することができる。

【０５３６】

上述した本発明の実施例は様々な手段によって具現することができる。例えば、本発明の実施例は、ハードウェア、ファームウェア（ｆｉｒｍｗａｒｅ）、ソフトウェア又はそれらの結合などによって具現することができる。

【０５３７】

ハードウェアによる具現の場合、本発明の実施例に係る方法は、一つ又はそれ以上のＡＳＩＣｓ（Ａｐｐｌｉｃａｔｉｏｎ Ｓｐｅｃｉｆｉｃ Ｉｎｔｅｇｒａｔｅｄ Ｃｉｒｃｕｉｔｓ）、ＤＳＰｓ（Ｄｉｇｉｔａｌ Ｓｉｇｎａｌ Ｐｒｏｃｅｓｓｏｒｓ）、Ｄ

ＳＰＤｓ（Ｄｉｇｉｔａｌ Ｓｉｇｎａｌ Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ Ｄｅｖｉｃｅｓ）、ＰＬＤｓ（Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ Ｌｏｇｉｃ Ｄｅｖｉｃｅｓ）、ＦＰＧＡｓ（Ｆｉｅｌｄ Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ Ｇａｔｅ Ａｒｒａｙｓ）、プロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、マイクロプロセッサなどによって具現することができる。

【０５３８】

ファームウェアやソフトウェアによる具現の場合、本発明の一実施例は、以上で説明された機能又は動作を実行するモジュール、手順、関数などの形態として具現することができる。ソフトウェアコードは、メモリユニットに記憶させ、プロセッサによって駆動することができる。メモリユニットは、プロセッサの内部又は外部に設けられ、公知の様々な手段によってプロセッサとデータを授受することができる。

【０５３９】

以上開示した本発明の好ましい実施例についての詳細な説明は、当業者が本発明を具現して実施できるように提供された。以上では本発明の好適な実施例を参照して説明したが、当該技術の分野における熟練した当業者にとっては本発明の領域から逸脱しない範囲内で本発明を様々に修正及び変更できるということは明らかである。例えば、当業者にとっては上記の実施例に記載された各構成を互いに組み合わせる方式で用いることができる。したがって、本発明は、ここに開示されている実施の形態に制限されるものではなく、ここに開示されている原理及び新規な特徴と一致する最も広い範囲を与えるためのものである。

【０５４０】

本発明は、本発明の精神及び必須特徴から逸脱しない範囲で他の特定の形態として具体化できる。したがって、上記の詳細な説明は、いずれの面においても制約的に解釈してはならず、例示的なものとして考慮しなければならない。本発明の範囲は、添付した請求項の合理的な解釈によって決定しなければならず、本発明の等価的範囲内における変更はいずれも本発明の範囲に含まれる。本発明は、ここに開示されている実施の形態に制限されるものではなく、ここに開示されている原理及び新規な特徴と一致する最も広い範囲を与えるためのものである。また、特許請求の範囲で明示的な引用関係にない請求項を結合して実施例を構成してもよく、出願後の補正によって新しい請求項として含めてもよい。

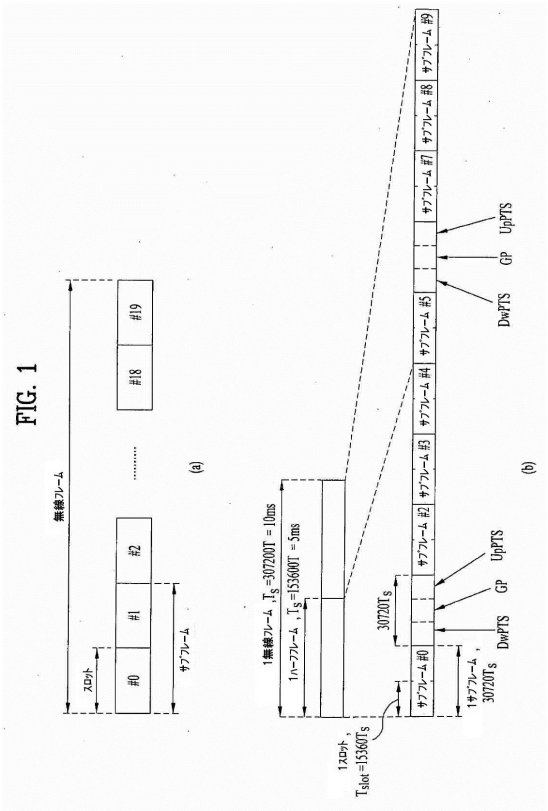
【産業上の利用可能性】

【０５４１】

上述したような本発明の実施の形態は、様々な移動通信システムに適用可能である。

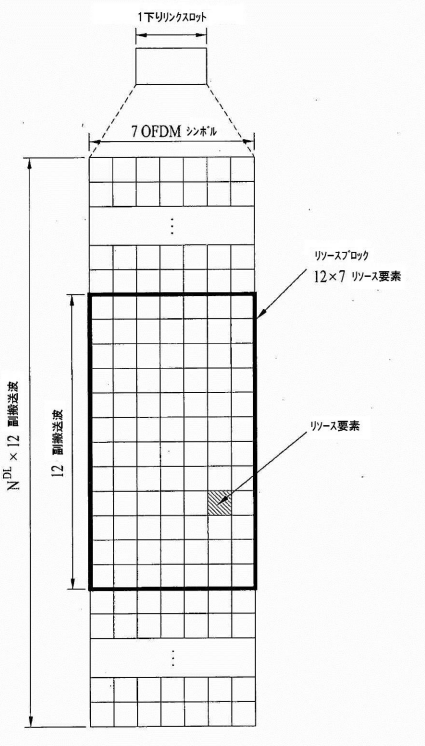
【図１】

FIG. 1



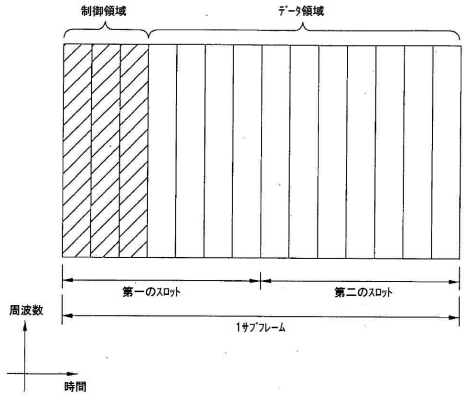
【図２】

FIG. 2



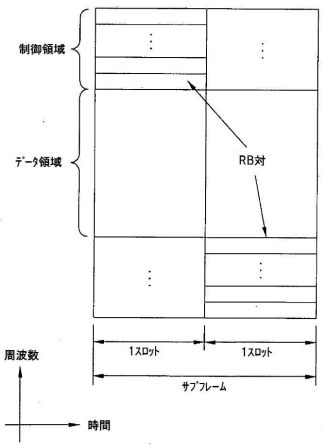
【図３】

FIG. 3

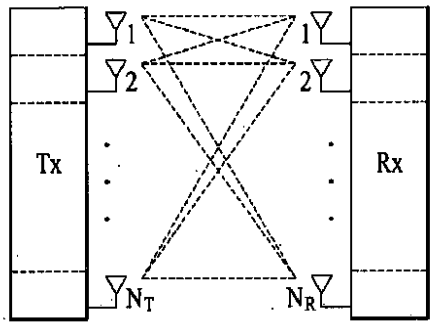


【図４】

FIG. 4

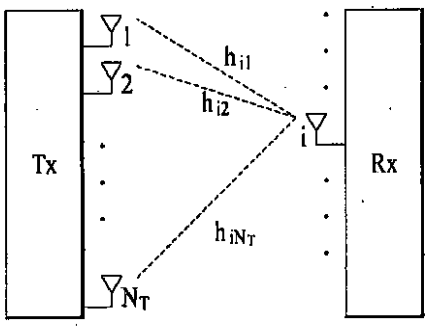


【図５（ａ）】



(a)

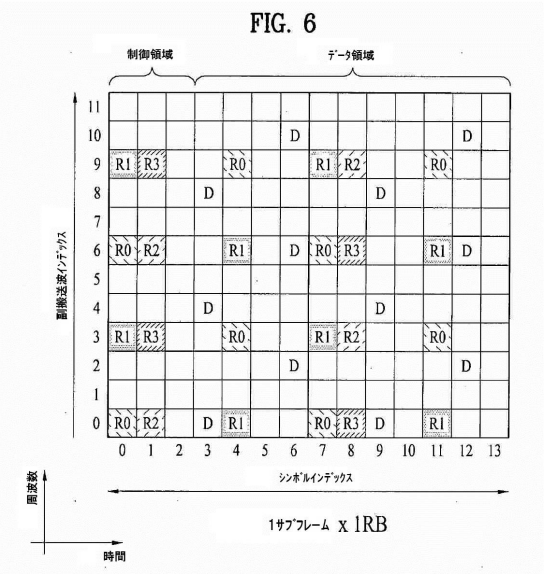
【図５（ｂ）】



(b)

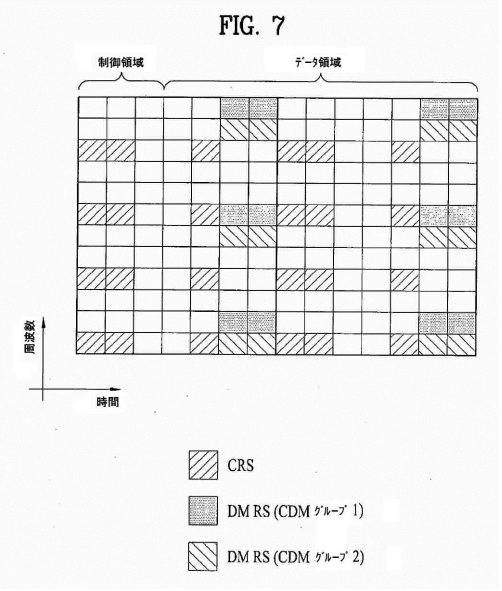
【図６】

FIG. 6



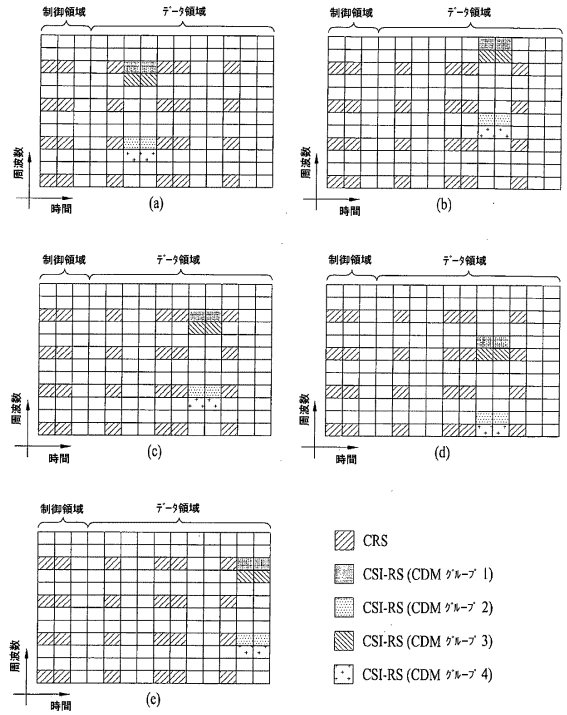
【図７】

FIG. 7



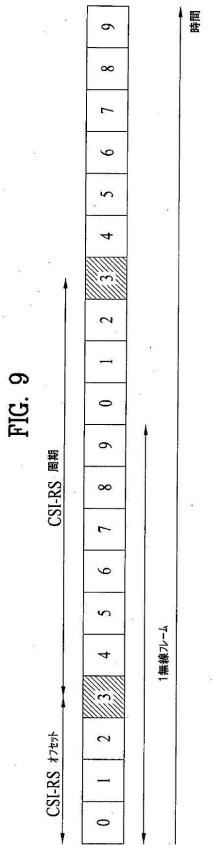
【図８】

FIG. 8



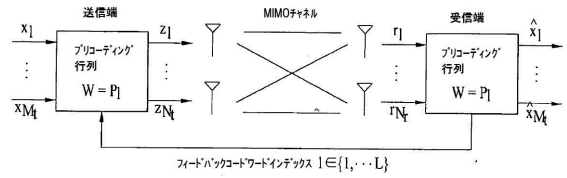
【図９】

FIG. 9



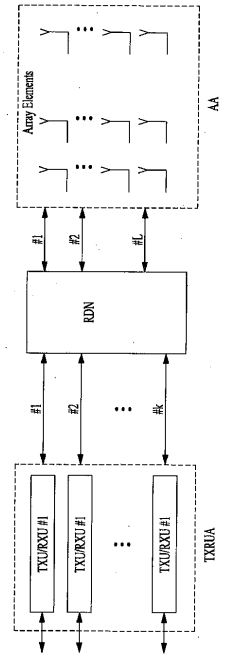
【図１０】

FIG. 10



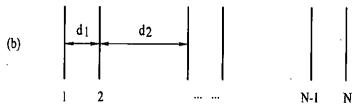
【図１２】

FIG. 12

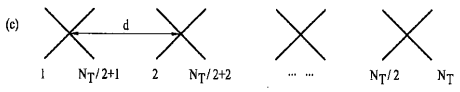


【図１１（ａ）】

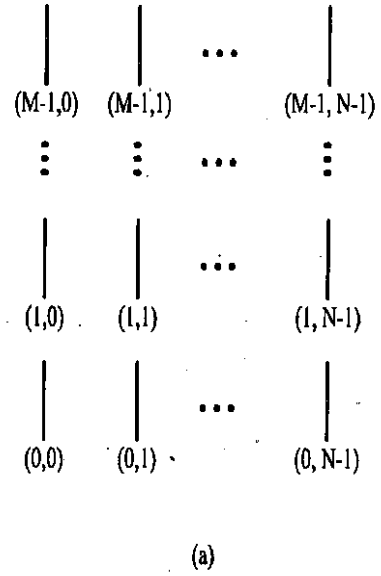
【図１１（ｂ）】



【図１１（ｃ）】

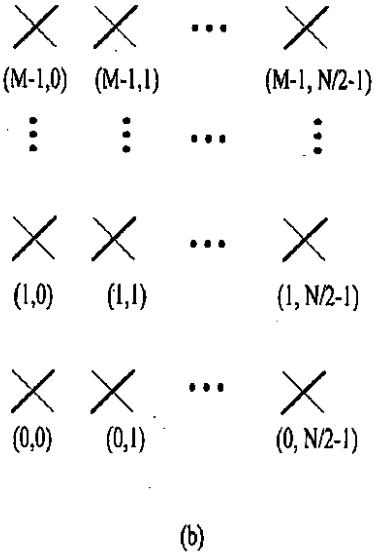


【図１３（ａ）】



(a)

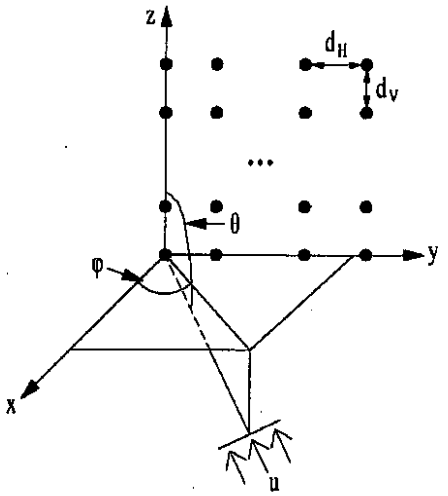
【図１３（ｂ）】



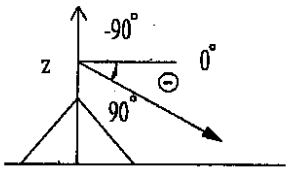
(b)

【図１４】

FIG. 14

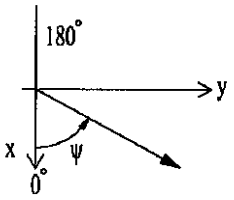


【図１５（ａ）】



(a)

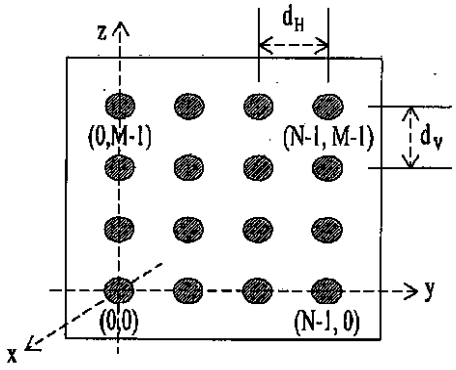
【図１５（ｂ）】



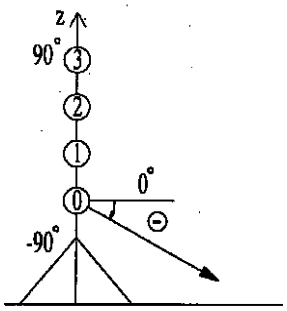
(b)

【図１６】

FIG. 16

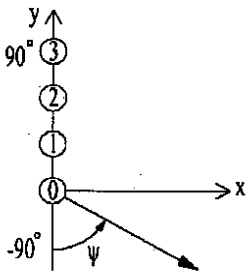


【図１７（ａ）】



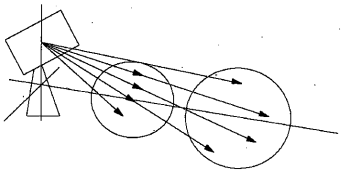
(a)

【図１７（ｂ）】



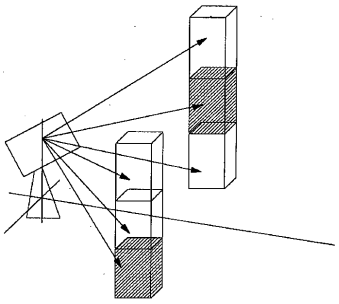
(b)

【図１８（ａ）】



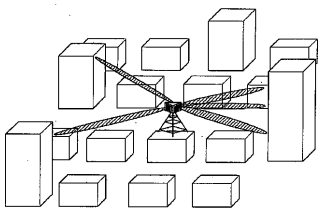
(a)

【図１８（ｂ）】



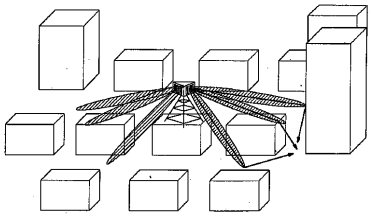
(b)

【図１９（ａ）】



(a)

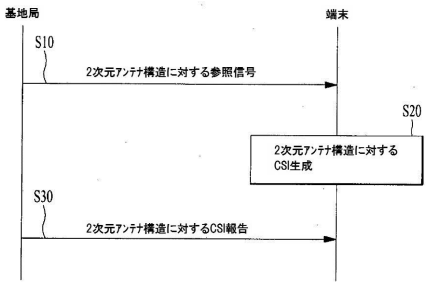
【図１９（ｂ）】



(b)

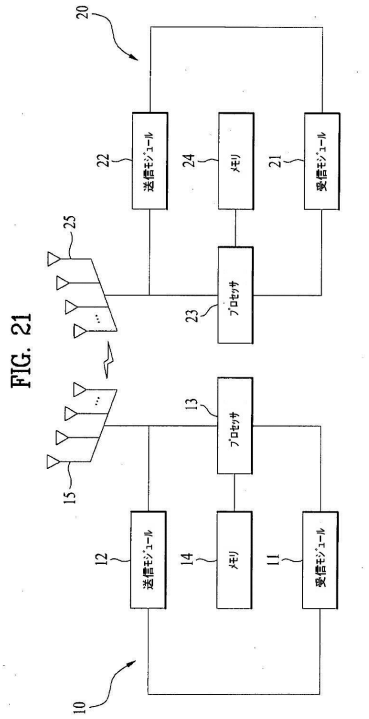
【図２０】

FIG. 20



【図２１】

FIG. 21


20
22
送信モジュール
24
メモリ
21
受信モジュール
25
23
プロセッサ
13
プロセッサ
15
12
送信モジュール
14
メモリ
11
受信モジュール
10

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 61/808,220
(32)優先日 平成25年4月4日(2013.4.4)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 61/812,684
(32)優先日 平成25年4月16日(2013.4.16)
(33)優先権主張国 米国(US)

(72)発明者 カン, ジウォン
大韓民国 １３７－８９３ ソウル, ソチョーグ, ヤンジェーデロ, １１キル, １９
(72)発明者 チョン, ジェフン
大韓民国 １３７－８９３ ソウル, ソチョーグ, ヤンジェーデロ, １１キル, １９

審査官 太田 龍一

(56)参考文献 特表２０１６－５１１５６６（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１３／０２４３５０（WO，Ａ２）
米国特許出願公開第２０１３／００２８２２５（ＵＳ，Ａ１）
国際公開第２０１４／１８１４４４（WO，Ａ１）
Alcatel-Lucent Shanghai Bell, Alcatel-Lucent, Considerations on CSI feedback enhancements for high-priority antenna configurations[online], 3GPP TSG-RAN WG1#66 R1-112420, インターネット<URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ra, ２０１１年 ８月

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
Ｈ０４Ｂ ７／０２－７／１２
Ｈ０４Ｊ ９９／００
Ｈ０４Ｂ １７／２４
Ｈ０４Ｗ １６／２８
Ｈ０４Ｗ ２４／１０
Ｈ０４Ｗ ７２／０４