

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6203719号  
(P6203719)

(45) 発行日 平成29年9月27日(2017.9.27)

(24) 登録日 平成29年9月8日(2017.9.8)

(51) Int.Cl.

F I

H O 4 B 7/06 (2006.01)

H O 4 B 7/06 9 1 0

H O 4 B 7/0452 (2017.01)

H O 4 B 7/0452

請求項の数 12 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2014-524945 (P2014-524945)	(73) 特許権者	503447036
(86) (22) 出願日	平成24年8月10日 (2012.8.10)		サムスン エレクトロニクス カンパニー
(65) 公表番号	特表2014-527754 (P2014-527754A)		リミテッド
(43) 公表日	平成26年10月16日 (2014.10.16)		大韓民国・16677・キョンギード・ス
(86) 国際出願番号	PCT/KR2012/006413		ウォン・シ・ヨントン・ク・サムスン・ロ
(87) 国際公開番号	W02013/022321		・129
(87) 国際公開日	平成25年2月14日 (2013.2.14)	(74) 代理人	100133400
審査請求日	平成27年7月17日 (2015.7.17)		弁理士 阿部 達彦
(31) 優先権主張番号	10-2011-0080068	(74) 代理人	100110364
(32) 優先日	平成23年8月11日 (2011.8.11)		弁理士 実広 信哉
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)	(74) 代理人	100154922
前置審査			弁理士 崔 允辰
		(74) 代理人	100140534
			弁理士 木内 敬二
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 混合アナログ／デジタルビームフォーミングのための方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

移動通信システムにおける送信端装置であって、デジタルビームフォーミングプリコードをデジタル信号に掛けることによってデジタルビームフォーミングを行う少なくとも1つのプロセッサと、

前記デジタル信号をアナログ信号に変換する少なくとも一つの変換ユニットと、

アナログビームフォーミングプリコードを用いてアナログ信号のそれぞれから位相遷移された(P h a s e s h i f t e d)信号を生成することによりアナログビームフォーミングを行う複数の位相遷移ユニットと、を含み、

前記複数の位相遷移ユニットのそれぞれは、スイッチを介してアンテナアレイのアンテナ要素(a n t e n n a e l e m e n t)に結合された(c o u p l e d)位相遷移器を含み、

前記スイッチのそれぞれは、前記アンテナ要素および前記複数の位相遷移ユニット間のパス構成(p a t h c o n f i g u r a t i o n)を変更する装置。

【請求項 2】

前記スイッチは、前記位相遷移ユニットが互いに異なるアンテナアレイに接続されるように制御される請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記スイッチは、前記位相遷移ユニットが同じアンテナアレイに接続されるように制御される請求項 1 に記載の装置。

10

20

## 【請求項 4】

前記スイッチは、前記位相遷移ユニットが互いに異なるアンテナサブセット (Sub set) に接続されるように制御される請求項 1 に記載の装置。

## 【請求項 5】

前記送信端装置と通信を行う第 1 受信端および第 2 受信端からのサウンディング信号またはフィードバック情報に基づいて、前記デジタルビームフォーミングプリコードおよび前記アナログビームフォーミングプリコードを決定する制御部をさらに含む請求項 1 に記載の装置。

## 【請求項 6】

前記フィードバック情報は、コードブックのインデックス、ビームフォーミング行列、ビームフォーミングプリコードのうち少なくとも 1 つを含む請求項 5 に記載の装置。

10

## 【請求項 7】

移動通信システムにおける送信端の動作方法であって、デジタルビームフォーミングプリコードをデジタル信号に掛けることによってデジタルビームフォーミングを行う過程と、

前記デジタル信号をアナログ信号に変換する過程と、

アナログビームフォーミングプリコードを用いてアナログ信号のそれぞれから位相遷移された (Phase shifted) 信号を生成することによりアナログビームフォーミングを行う過程と、を含み、

前記アナログビームフォーミングは、複数の位相遷移ユニットによって行われ、

20

前記複数の位相遷移ユニットのそれぞれは、スイッチを介してアンテナアレイのアンテナ要素 (antenna element) に結合された (coupled) 位相遷移器を含み、

前記スイッチのそれぞれは、前記アンテナ要素および前記複数の位相遷移ユニット間のパス構成 (path configuration) を変更する方法。

## 【請求項 8】

前記位相遷移ユニットが互いに異なるアンテナアレイに接続されるように前記スイッチを制御する過程をさらに含む請求項 7 に記載の方法。

## 【請求項 9】

前記位相遷移ユニットが同じアンテナアレイに接続されるように前記スイッチを制御する過程をさらに含む請求項 7 に記載の方法。

30

## 【請求項 10】

前記位相遷移ユニットが互いに異なるアンテナサブセット (subset) に接続されるように前記スイッチを制御する過程をさらに含む請求項 7 に記載の方法。

## 【請求項 11】

前記送信端と通信を行う第 1 受信端および第 2 受信端からのサウンディング信号またはフィードバック情報に基づいて、前記デジタルビームフォーミングプリコードおよび前記アナログビームフォーミングプリコードを決定する過程をさらに含む請求項 7 に記載の方法。

## 【請求項 12】

40

前記フィードバック情報は、コードブックのインデックス、ビームフォーミング行列、ビームフォーミングプリコードのうち少なくとも 1 つを含む請求項 11 に記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、無線通信システムに関し、特に、無線通信システムにおける混合アナログ / デジタルビームフォーミングを使用するシステムのための方法及び装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

マルチ Gbps (multi-Gbps) 無線通信システムを設計するために、60 G

50

Hzの周波数帯域を使用しようとする努力は、主に広い無免許周波数帯を採用することによって進められており、これを利用すれば、非圧縮HD(High Definition)マルチメディアのような高い帯域幅が必要なアプリケーションプログラムのサポートが可能である。

【0003】

現在の多重アンテナ無線通信システムは、低い搬送波周波数帯域(5GHz)におけるデジタルビームフォーミング(DBF: Digital Beam Forming)構造をベースとする。このような構造で、それぞれのアンテナは自らのAFE(Analog Front End)チェーンを有し、各AFEチェーンはデジタル基底帯域とアナログRF(Radio Frequency)ドメインとの間の変換を行い、送信機はDAC(Digital-to-Analog Converter)を含み、受信機はADC(Analog-to-Digital Converter)を含む。

10

【0004】

60GHz帯域で、無線通信システムは、8つ以上のアンテナセットを有することができるが、高いコスト及びAFEに求められる大きな電力消費のため、デジタルビームフォーミングは実用的な具現が困難である。

【0005】

そして、これを解決するための混合AS(Antenna Selection)/DBF方式も、アンテナセット又はビームフォーミングによる利得が提供されないため、性能低下が大きい問題点がある。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

従来技術の上記問題点を解決するために、本発明の目的は、混合アナログ/デジタルビームフォーミングのための方法及び装置を提供することにある。

【0007】

本発明の他の目的は、混合アナログ/デジタルビームフォーミングシステムにおける性能低下を防止するための方法及び装置を提供することにある。

【0008】

本発明のさらに他の目的は、混合アナログ/デジタルビームフォーミングシステムにおける全ての端末が1つのシンボルで同じアナログビームフォーミングプリコードを使用する際、第1端末に固定されたアナログビームフォーミングプリコードによるアナログビームフォーミングの位相差を第1端末を除いた他の端末に対して補償するためのデジタルビームフォーミングプリコードを提供する方法及び装置を提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するための本発明の第1見地によれば、移動通信システムにおける送信機の混合アナログ/デジタルビームフォーミング方法であって、予め決められた変調レベルによってコーディング及び変調された変調シンボルを並列シンボルストリームに変換する段階と、前記並列シンボルストリームで、第1受信機に送信される第1副搬送波に対して最適化されたアナログビームフォーミングプリコードを第2受信機に送信される第2副搬送波に対して補償するために決定されたデジタルビームフォーミングプリコードを前記第2副搬送波に掛けてデジタルビームフォーミングを行う段階と、時間領域のシンボルを生成するために、デジタルビームフォーミングを行った並列シンボルストリームに対してIFFT演算を行う段階と、IFFT演算を行った時間領域のシンボルを直列時間領域のシンボルに変換する段階と、前記直列時間領域のシンボルにCP(Cyclic Prefix)を挿入する段階と、CPを挿入したシンボルに対してDAC(Digital-to-Analog Converter)変換を行ってアナログ信号に変換する段階と、少なくとも1つのRF(Radio Frequency)の経路を介して送信される前記第1副搬送波に対して最適化されたアナログビームフォーミングプリコードを前記ア

40

50

ナログ信号に掛けることによってアナログビームフォーミングを行う段階と、を含むことを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

上記目的を達成するための本発明の第2見地によれば、移動通信システムにおける混合アナログ/デジタルビームフォーミングを行う送信機の装置であって、予め決められた変調レベルによってコーディング及び変調された変調シンボルを並列シンボルストリームに変換する直列並列部と、前記並列シンボルストリームで、第1受信機に送信される第1副搬送波に対して最適化されたアナログビームフォーミングプリコードを第2受信機に送信される第2副搬送波に対して補償するために決定されたデジタルビームフォーミングプリコードを前記第2副搬送波に掛けてデジタルビームフォーミングを行うプリコードと、時間領域のシンボルを生成するために、デジタルビームフォーミングを行った並列シンボルストリームに対してIFFT演算を行うIFFT部と、IFFT演算を行った時間領域のシンボルを直列時間領域のシンボルに変換する並列直列部と、前記直列時間領域のシンボルにCP(Cyclic Prefix)を挿入するCP挿入部と、CPを挿入したシンボルに対してDAC変換を行ってアナログ信号に変換するDAC部と、少なくとも1つのRF(Radio Frequency)経路を介して送信される前記第1副搬送波に対して最適化されたアナログビームフォーミングプリコードを前記アナログ信号に掛けることによってアナログビームフォーミングを行うRF部と、を含むことを特徴とする。

10

【 0 0 1 1 】

上記目的を達成するための本発明の第3見地によれば、移動通信システムにおける受信機の動作方法であって、送信機が送信した基準信号を測定する段階と、前記基準信号の測定値に基づいて前記受信機に対するデジタルビームフォーミングプリコード及びアナログビームフォーミングプリコードを決定する段階と、前記デジタルビームフォーミングプリコード及びアナログビームフォーミングプリコードを示す情報を前記送信機にフィードバックする段階と、を含むことを特徴とする。

20

【 0 0 1 2 】

上記目的を達成するための本発明の第4見地によれば、移動通信システムにおける受信機の装置であって、送信機と情報を送受信するモデムと、前記モデムを介して前記送信機が送信した基準信号を測定し、前記基準信号の測定値に基づいて前記受信機に対するデジタルビームフォーミングプリコード及びアナログビームフォーミングプリコードを決定し、前記デジタルビームフォーミングプリコード及びアナログビームフォーミングプリコードを示す情報を前記送信機にフィードバックする制御部と、を含むことを特徴とする。

30

【 0 0 1 3 】

下記の発明を実施するための具体的な内容について記載する前に、本特許文献全般にわたって用いられた単語及び句について定義することは利点がある。「含む」、「構成する」のような用語及びそれらの派生語は制限なく含むことを意味する。「又は」という用語は「及び/又は」という意味を含み、用語「関連付けられた」、「ともに関連付けられた」だけでなくそれらの派生語は、「含む」、「内に含まれる」、「互いに関連する」、「含む」、「含まれる」、「接続される」、「結合される」、「通信可能である」、「協力する」、「挟まれる」、「並置する」、「隣接する」、「縛られる」、「持つ」、「特性を持つ」のような意味を含む。そして、用語「制御機」は少なくとも1つの動作を制御する部分、ある装置、システムを意味する場合がある。ここで、1つの装置は、ハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア、またはそれらの少なくとも2つの組み合わせで具現され得る。ある特定の制御器に関連する機能も、ローカルまたは遠隔に集中化または分散化され得る。特定の単語及び句に対する定義は、本明細書全般にわたって提供され、当業者であれば、ほとんどの場合ではないが、多くの場合、そのような定義がそのように定義された単語及び句に対する従来の使用だけでなく、将来にも適用されるということを理解すべきである。

40

【発明の効果】

【 0 0 1 4 】

50

本発明は、混合アナログ／デジタルビームフォーミングシステムで、全ての端末が１つのシンボルで同じアナログビームフォーミングプリコードを使用する際、第１端末に固定されたアナログビームフォーミングプリコードによるアナログビームフォーミングの位相差を第１端末を除いた他の端末に対して補償するデジタルビームフォーミングを行うことによって、他の端末も最適化されたビームフォーミング効果を得ることができる利点がある。

【図面の簡単な説明】

【００１５】

本発明及び本発明の利点に対する完全な理解のために、下記の説明は各部分を示す図面の参照とともに提供される。

【図１】本発明の様々な実施形態による混合アナログ／デジタルビームフォーミングのための送信機を示すブロック図である。

【図２】本発明の他の実施形態による混合アナログ／デジタルビームフォーミングのための送信機を示すブロック図である。

【図３】本発明のさらに他の実施形態による混合アナログ／デジタルビームフォーミングのための送信機を示すブロック図である。

【図４】本発明のさらに他の実施形態による混合アナログ／デジタルビームフォーミングのための送信機を示すブロック図である。

【図５】本発明のさらに他の実施形態による混合アナログ／デジタルビームフォーミングのための送信機を示すブロック図である。

【図６】本発明の実施形態によるＲＦチェーンの数がアンテナの数と同じ場合の例を示す図である。

【図７】本発明の様々な実施形態によるＲＦチェーンの数がアンテナの数より小さい例を示す図である。

【図８】本発明の他の実施形態によるＲＦチェーンの数がアンテナの数より小さい例を示す図である。

【図９】本発明の実施形態による基地局の動作過程を示すフローチャートである。

【図１０】本発明の実施形態による端末のブロック構成を示す図である。

【図１１】本発明の実施形態による端末の動作を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００１６】

本発明文書において、以下で説明される図１乃至１１、そして様々な実施形態は、本発明の原則を説明することのみを目的として使用されたものであって、いかなる形態でも本発明の範囲を制限するためのものではない。当業者は、上記本発明の原則がある形態のシステム及び装置に適合するように整列されて具現され得るということを理解することができる。

【００１７】

以下、本発明の好ましい実施形態を添付された図面を参照して詳しく説明する。なお、本発明を説明するに当たって、関連する公知の機能または構成に対する具体的な説明が本発明の要旨を不要に不明確にする可能性があるとは判断された場合、その詳細な説明は省略する。また、以下で記載される用語は、本発明における機能を考慮して定義された用語であって、これはユーザ、運用者の意図または慣例などによって異なることがある。したがって、その定義は本明細書全般にわたる内容に基づいて行われるべきである。

【００１８】

以下、本発明は、混合アナログ／デジタルビームフォーミングのための方法及び装置について説明する。

【００１９】

本発明は、無線通信システムに関し、特に、混合アナログ／デジタルビームフォーミングを使用するシステムで、混合ビームフォーミングの使用による性能低下を防止するための方法及び装置に関する。

## 【 0 0 2 0 】

60GHz帯域で、無線通信システムは、8つ以上のアンテナセットを有することができるが、高いコスト及びAFEに求められる大きな電力消費のため、デジタルビームフォーミングの実用的な具現は困難であり、これを解決するために、使用可能なアンテナより少ないAFEチェーンを使用する複雑度の低い構造が提案されてきた。

## 【 0 0 2 1 】

このような構造では、デジタルビームフォーミングに必要な経路の数を減らすために、SSP(Spatial Signal Processing)がアナログRFドメインで使用される。アナログRFドメインで最も多く使用されるSSP技術は、AS(Antenna Selection)方式をベースとする。前記AS方式は、使用可能なAFEチェーンの数より小さい数のアンテナがデジタルビームフォーミングのために使用され、残りのアンテナは、デジタルビームフォーミングのために使用されない。

10

## 【 0 0 2 2 】

しかし、混合AS/DBF方式では、アンテナセット又はビームフォーミングによる利得が提供されないため、性能低下が大きい問題点があるので、本発明は、性能低下を防止する方法及び装置を提供する。そして、本発明は、周波数選択に基づく周波数ドメインスケジューリング利得を得るために、FDMA/OFDMA(Frequency Division Multiple Access/Orthogonal Frequency Division Multiple Access)を使用することにする。

## 【 0 0 2 3 】

20

以下、AFEチェーンの数をn又はDとし、アンテナの総数をNとする。そして、複数の端末が上記構造によってサービスを受けると仮定する。そして、本発明では、端末は受信機、基地局は送信機と称することができる。

## 【 0 0 2 4 】

図1は、本発明の様々な実施形態による混合アナログ/デジタルビームフォーミングのための送信機を示すブロック図である。

## 【 0 0 2 5 】

上記図1を参照すると、複数のエンコーダ100, 102及び複数の変調器110, 112は、予め決められた変調レベルによってコーディング及び変調を行う。ここで、前記複数の変調器110, 112の後には変調された変調シンボルを並列シンボルストリームに変換する直列並列部(図示せず)がそれぞれ位置し得る。

30

## 【 0 0 2 6 】

ストリーム120は、MIMO(Multi-Input Multi-Output)それぞれの並列シンボルストリームに対するMIMOエンコードを行うMIMO(Multi-Input Multi-Output)エンコーダ122を含み、前処理器124は、MIMOエンコードを行った信号に対して、第1端末に送信される第1副搬送波に対して最適化されたアナログビームフォーミングプリコードを第2端末に送信される第2副搬送波に対して補償するために決定されたデジタルフェーズオフセットによって示されるビームフォーミングプリコードを前記第2副搬送波に掛けてデジタルビームフォーミングを行う。前記アナログビームフォーミングプリコード及びデジタルビームフォーミングプリコードは、制御部170が決定する。

40

## 【 0 0 2 7 】

また、前記制御部170は、前記位相シフタ内のスイッチに対するオン/オフを決定して特定のアンテナの使用を決定することができ、特定のアンテナを含む特定のグループ195, 197を決定することができる。

## 【 0 0 2 8 】

前記制御部170は、少なくとも1つのRF経路を介して送信され、アナログフェーズオフセットによって示される前記第1副搬送波に対して最適化されたビームフォーミングプリコードをDACが出力したアナログ信号に掛けることによって、アナログビームフォーミングを行うための制御信号を位相シフタ180, 182に送信できる、すなわち、前

50

記位相シフタ 180, 182 は、前記制御信号に従ってアナログビームフォーミングを行う。

【0029】

また、前記制御部 170 は、前記位相シフタ 180, 182 内のスイッチをオン/オフして全体アンテナのうち特定のアンテナセットを選択できる。

【0030】

複数のIFFT部 130, 132 は、時間領域のシンボルを生成するために、デジタルビームフォーミングを行った並列シンボルストリームに対してIFFT演算を行う。

【0031】

複数のPSC部(並列直列部) 140, 142 は、IFFT演算を行った時間領域のシンボルを直列時間領域のシンボルに変換する。

10

【0032】

複数のCP挿入部 150, 152 は、前記直列時間領域のシンボルにCP(Cyclic Prefix)を挿入する。

【0033】

複数のDAC部 160, 162 は、CPを挿入したシンボルに対してDAC変換を行ってアナログ信号に変換する。

【0034】

上記図面で、それぞれのグループ 195, 197 は、D個のアンテナを有し得る。また、第2アンテナから第Dアンテナまでのアンテナを介して信号を送信するためのデータ経路は互いに同じである。

20

【0035】

上記図面で、各チェーンは、送受信モデムである場合がある。

【0036】

図2は、本発明の他の実施形態による混合アナログ/デジタルビームフォーミングのための送信機を示すブロック図である。

【0037】

上記図2を参照すると、図2のエンコーダ 200, 202 から位相シフタ 280, 282 までの構成要素の構造及び動作は、上記図1と同一又は類似であるため、その説明は簡略化のために省略される。ただし、上記図2は、制御部 270 の制御信号によって、i番目のAFEチェーンがi番目のアンテナセットに接続される場合である。

30

【0038】

この場合は、アンテナ間の空間が相対的に大きいこと、空間的相関性(spatial correlation)は無視可能である。上記図2で、シングルユーザの場合は、全ての種類のシングルユーザMIMO方式の使用が可能で、多重ユーザの場合はそれぞれのRFチェーンが1つのビームを形成する。

【0039】

図3は、本発明のさらに他の実施形態による混合アナログ/デジタルビームフォーミングのための送信機を示すブロック図である。

【0040】

40

上記図3を参照すると、図3のエンコーダ 300, 302 から位相シフタ 380, 382 までの構成要素の構造及び動作は、上記図1と同一又は類似であるため、その説明は簡略化のために省略される。ただし、上記図3は、制御部 370 の制御信号によって、全てのRFチェーンが1つのアンテナセットに接続される場合を示したもので、上記図3は、第1アンテナセットに接続された場合を示したものである。

【0041】

この場合、高いランク(High Rank)の送信がシングルユーザのためにサポートされ得る。その理由は、ランク1の送信のためにはシングルユーザに全てのRFチェーンが割り当てられなければならないからである。

【0042】

50

図4は、本発明のさらに他の実施形態による混合アナログ/デジタルビームフォーミングのための送信機を示すブロック図である。

【0043】

上記図4を参照すると、図4のエンコーダ400, 402から位相シフタ480, 482までの構成要素の構造及び動作は、上記図1と同一又は類似であるため、その説明は簡略化のために省略される。上記図4は、制御部470の制御信号によって、全てのRFチェーンが互いに異なるアンテナセットに接続される場合を示したもので、それぞれのRFチェーンに対するアナログビームフォーミングが互いに異なる方向に設定される。

【0044】

この場合、高いランク(High Rank)の送信がシングルユーザのためにサポートされ得る。その理由は、ランクの不足と、ランク1の送信のためにはシングルユーザに全てのRFチェーンが割り当てられなければならないからである。多重ユーザの場合はそれぞれのRFチェーンが1つのユーザをサポートできる。

【0045】

図5は、本発明のさらに他の実施形態による混合アナログ/デジタルビームフォーミングのための送信機を示すブロック図である。

【0046】

上記図5を参照すると、図5のMIMOエンコーダ522からアンテナ580, 582までの構成要素の構造及び動作は、上記図1と同一又は類似であるため、その説明は簡略化のために省略される。

【0047】

上記図5で、それぞれのAFEチェーンは、アンテナのサブセットに接続されており、ここで、それぞれの副搬送波に対するアナログビーム方向周囲の併合された信号のビーム方向を調節するためにデジタルビームフォーミングが使用される。

【0048】

上記図5で、 $N_t = D * N_{t\_s}$ であると仮定する。前記 $N_{t\_s}$ は、各アンテナサブセットにおけるアンテナの数である。

【0049】

図6は、本発明の実施形態によるRFチェーンの数がアンテナの数と同じ場合の例を示す図である。

【0050】

上記図6を参照すると、全てのアンテナに対してデジタルビームフォーミングが可能で、それぞれの副搬送波に対して、端末は、基地局がデジタルビームフォーミングを行うことができるように、前記端末が特定の副搬送波に対してスケジューリングされたことを知らせるとともに、チャネル情報をフィードバックできる。

【0051】

デジタルビームフォーミングを用いる場合、互いに異なるアンテナからのダウンリンクチャネルの位相差を補償するために、デジタルフェーズオフセットをそれぞれのRFチェーンに対してIFFTの前に選択することができる。上記図面、端末へ向かう、第2アンテナ及び第3アンテナの間のアナログフェーズシフト(analog phase shift)、アナログフェーズオフセット、又は位相差は、 $\phi_x$ である。

【0052】

図7は、本発明の様々な実施形態によるRFチェーンの数がアンテナの数より小さい例を示す図である。

【0053】

上記図7を参照すると、第1副搬送波(第1端末)に対して、第1アンテナと第2アンテナとの間のダウンリンクチャネル位相差(DL channel phase gap)を補償するための第1アンテナに対するアナログフェーズオフセット、すなわち、位相差は $\phi_1$ である。そして、前記 $\phi_1$ は、全ての副搬送波に対して同じである。

【0054】

10

20

30

40

50



図 8 は、本発明の他の実施形態による R F チェーンの数アンテナの数より小さい例を示す図である。

【 0 0 5 5 】

上記図 8 を参照すると、第 2 副搬送波に対して、第 2 端末が割り当てられており、第 1 アンテナと第 2 アンテナとの間のダウンリンクチャネル位相差は  $\phi_1$  である。

【 0 0 5 6 】

この場合、第 2 端末が基地局の第 1 アンテナ及び第 2 アンテナから受信する信号は

【 数 1 】

$$e^{j(\theta_2 + \Delta_1 - \Phi_1)} + e^{j\theta_2}$$

10

で、これは  $\theta_2$  とは異なる。

【 0 0 5 7 】

これは、アナログビームフォーミングが第 1 端末に合わせられていることを示し、他の方向（例えば、第 2 端末）に対しては合わせられていないことを示す。

【 0 0 5 8 】

第 2 端末が基地局の第 1 アンテナ及び第 2 アンテナからの信号で整列された  $\theta_2$  を得るためには、基地局で第 2 端末に対するデジタルビームフォーミングを行う際、I F F T の前に信号の位相差、又はデジタルフェーズオフセットを下記式のように補償することが必要である。

20

【 0 0 5 9 】

【 数 2 】

$$e^{j\theta_2} \rightarrow e^{j\theta_x}$$

$$e^{j\theta_x} + e^{j(\theta_2 + \Delta_1 - \Phi_1)} = A e^{j\theta_2}$$

$$e^{j\theta_x} (1 + e^{j(\Delta_1 - \Phi_1)}) = A e^{j\theta_2}$$

$$e^{j\theta_x} e^{j\theta_y} \text{SQRT}(2(1 + \cos(\Delta_1 - \Phi_1))) = A e^{j\theta_2}$$

$$\rightarrow A = \text{SQRT}(2(1 + \cos(\Delta_1 - \Phi_1)))$$

$$\theta_x = \theta_2 - \theta_y$$

30

【 0 0 6 0 】

前記  $\theta_1$ 、 $\theta_1$  は、端末のフィードバック又はあらかじめ定義されたビームフォーミング方向によって基地局が知ることができる。そして、A は、マージ信号の大きさを示す。

【 0 0 6 1 】

すなわち、アナログビームフォーミングプリコードは、1つのユーザ（例えば、第 1 端末）に固定されており、アナログビームフォーミングの際、他のユーザ（例えば、第 2 端末）に対しては第 1 端末と同じアナログビームフォーミングプリコードを使用する。

40

【 0 0 6 2 】

これは、他のユーザ（例えば、第 2 端末）に対してはアナログビームフォーミングが最適化されていないことを示し、これを補償するために、本発明は、デジタルビームフォーミングの際、他のユーザ（例えば、第 2 端末）に対する信号位相 (signal phase) を補償する。これにより、他のユーザも最適化されたビームフォーミング効果を得ることができる。

【 0 0 6 3 】

そのために、基地局は、 $\theta_1$ 、 $\theta_1$  を知る必要があり、これはフィードバックによって基地局が獲得する、又はビームフォーミング方向によって予め決められた値を基地局が使用することができる。

50

## 【 0 0 6 4 】

本発明は、基地局がこの位相差を知っているようにするために、3種の方法を考慮する。

## 【 0 0 6 5 】

第一の方法は、基地局は、アナログ及びデジタルビームフォーミングのためのプリコードを予め設定できる。以降、端末は、ダウンリンクビームを測定し、最良のアナログ及びデジタルビームフォーミングプリコードを選択する。

## 【 0 0 6 6 】

第二の方法は、端末がアップリンクサウンディング信号を基地局に送信し、前記基地局がアップリンクチャネルを測定できるようにすることである。前記アップリンクチャネルはTDD (Time Division Duplex) システムでは、ダウンリンクチャネルとしても使用される。ここで、前記基地局は、前記アップリンクチャネルを測定した後、端末に最も適合したアナログ及びデジタルビームフォーミングプリコードを構成できる。

## 【 0 0 6 7 】

第三の方法は、基地局は、ダウンリンク基準信号を端末に送信し、端末は、前記基準信号を測定し、測定値に基づいてアナログ及びデジタルビームフォーミングプリコードを決定して前記基地局にフィードバックする。しかし、このようなフィードバックは大きなオーバーヘッドを招く場合がある。

## 【 0 0 6 8 】

本発明は、上記3種の方法のうち、第二の方法、すなわち、端末のサウンディング信号送信に焦点を合わせる。しかし、他の2種の方法を使用できることは当然である。

## 【 0 0 6 9 】

第1端末へ向かうデータは、第1副搬送波上で、第2端末へ向かうデータは、第2副搬送波上で送信されると仮定する。そして、アナログビームフォーミングの方向は、第1端末へ向かうと仮定する。そして、デジタルビームフォーミングプリコード ( $[d_1, \dots, d_n]$ ) 及びアナログビームフォーミングプリコード ( $[a_1, \dots, a_N]$ ) が基地局によって選択される。OFDMAシステムで、1つのシンボルにスケジューリングされた全てのユーザは、同じアナログビームフォーミングプリコードを有する。

## 【 0 0 7 0 】

しかし、端末の位置は互いに異なるため、基地局は、それぞれの端末に対するデジタルビームフォーミングプリコードを互いに異なるように選択する。

## 【 0 0 7 1 】

基地局の第1アンテナを基準とした場合、残りのアンテナからの信号は、前記最初の第1アンテナに合わせて整列されている。そして、全てのアンテナからの信号は第1端末が受信する。

## 【 0 0 7 2 】

第1副搬送波上の信号を第1端末が受信する際、第1端末が受信する信号は  $N * s * Ch_1$  であると仮定する。ここで、 $Ch_1$  は、第1アンテナのダウンリンクチャネルを示す。Nは、全体アンテナの数を示す。そして、第2副搬送波上の信号を第2端末が受信する際、第2端末が受信する信号は、 $X * s * Ch_1$  であると仮定する。しかし、前記Xは実際に正確な値ではなく、 $X * s$  の信号位相もsと異なる。したがって、Xを求める方法が必要である。

## 【 0 0 7 3 】

基地局がチャネル状態を知っているため、基地局は、それぞれの端末に最も適合したアナログ及びデジタルビームフォーミングプリコードを決定できる。

## 【 0 0 7 4 】

基地局は、sの代わりに  $s / X * norm(X)$  を送信し、端末は、 $s * norm(X) * Ch_1$  を受信する。他の端末に対して、 $Ch_{\_1}$  は、第1アンテナの当該副搬送波上のチャネルを示す。

## 【 0 0 7 5 】

さらに、基地局は、 $s / X * \text{norm}(X) * (Ch1)' / \text{norm}(Ch1)$ を送信することができ、端末は、 $s * \text{norm}(X) * \text{norm}(Ch1)$ を受信する。これは、送信信号でパイロットを復調する必要がないことを意味する。

## 【 0 0 7 6 】

ここで、 $X$ は、併合されたデジタル及びアナログビームフォーミング利得を示す。しかし、この値は第1端末を除いた他の端末にとっては、前記第1端末とは位置が互いに異なるため、実際の値ではない特徴がある。 $X$ は、第1端末を除いた他の端末の第1端末とのダウンリンクチャネルの不一致に基づく。

## 【 0 0 7 7 】

第1端末に対して、デジタルビームフォーミングプリコードはすべて1になる。なぜなら、アナログビームフォーミングプリコードは既にダウンリンクチャネルで第1端末に合わせられているからである。

## 【 0 0 7 8 】

第1アンテナを基準にする位相差を  $\Delta_1, \dots, \Delta_{N-1}$  であると仮定した場合、アナログビームフォーミングプリコードは、

## 【 数 3 】

$$[1, e^{-j\Delta_1}, \dots, e^{-j\Delta_{N-1}}]$$

である。

## 【 0 0 7 9 】

第2端末に対して、第1アンテナを基準にする位相差を  $\Delta_1, \dots, \Delta_{N-1}$  であると仮定した場合、アナログビームフォーミングプリコードも

## 【 数 4 】

$$[1, e^{-j\Delta_1}, \dots, e^{-j\Delta_{N-1}}]$$

である。

## 【 0 0 8 0 】

ここで、 $n = 2$ 、 $N = 4$ であると仮定する。

## 【 0 0 8 1 】

しかし、この場合、デジタルビームフォーミングプリコードは

## 【 数 5 】

$$[1, e^{j\theta_1}, \dots, e^{j\theta_n}]$$

である。そして、第2端末が受信する信号は

## 【 数 6 】

$$[s * (e^{j\theta_1} + e^{j(\theta_1 - \Delta_1 + \Phi_1)} + e^{j(\theta_2 - \Delta_2 + \Phi_2)} + e^{j(\theta_2 - \Delta_3 + \Phi_3)}) * Ch_1]$$

である。

## 【 0 0 8 2 】

結果的に、

## 【 数 7 】

$$X = e^{j\theta_1} + e^{j(\theta_1 - \Delta_1 + \Phi_1)} + e^{j(\theta_2 - \Delta_2 + \Phi_2)} + e^{j(\theta_2 - \Delta_3 + \Phi_3)}$$

である。

## 【 0 0 8 3 】

基地局は、全てのプリコード及び端末のチャネル状態をサウンディング信号を介して知っているため、Xは基地局が計算することができ、基地局は、Xを位相差を整列する際に使用することができる。

【0084】

図9は、本発明の実施形態による基地局の動作過程を示すフローチャートである。

【0085】

上記図9を参照すると、基地局は、アナログ及びデジタルビームフォーミングプリコードを決定する(ステップ905)。基地局がアナログ及びデジタルビームフォーミングプリコードを決定する際、下記の3つの場合が存在し得る。

【0086】

もし、端末に対する前記アナログ及びデジタルビームフォーミングプリコードが予め決定されている場合(ステップ910)、前記基地局は、端末にダウンリンクビームを送信する(ステップ937)。

【0087】

もし、端末が送信したサウンディング信号を使用する場合(ステップ915)、端末が送信したサウンディング信号を受信し(ステップ930)、前記サウンディング信号の測定値に基づいて使用するアナログ及びデジタルビームフォーミングプリコード値を決定する(ステップ935)。

【0088】

もし、端末のフィードバックを用いる場合(ステップ920)、端末が送信したフィードバックに基づいて端末に対するアナログ及びデジタルビームフォーミングプリコードを決定する(ステップ925)。

【0089】

上記図9に関連する方法は、本発明下で、1つ又はそれ以上のソフトウェアモジュール又は基地局を含む電子装置に保存されたコンピュータプログラム内で1つ又はそれ以上の命令として提供され得る。

【0090】

図10は、本発明の実施形態による端末のブロック構成を示す図である。

【0091】

上記図10を参照すると、前記端末は、デュプレクサ1001、受信部1003、制御部1005、ビーム選択部1007、送信部1009及びサウンディング信号生成部1008を含んで構成される。

【0092】

前記デュプレクサ1001は、デュプレックス方式に従って前記送信部1009から提供された送信信号をアンテナを介して送信し、アンテナからの受信信号を受信部1003に提供する。

【0093】

前記受信部1003は、前記デュプレクサ1001から提供された高周波信号を基底帯域信号に変換して復調する。例えば、前記受信部1003は、RF処理ブロック、復調ブロック、チャネル復号ブロック及びメッセージ処理ブロックなどを含んで構成されることができる。前記RF処理ブロックは、前記デュプレクサ1001から提供された高周波信号を基底帯域信号に変換して出力する。前記復調ブロックは、前記RF処理ブロックから提供された信号に対するFFT演算を介して各副搬送波に載せたデータを抽出する。前記チャネル復号ブロックは、復調器、デインターリーバ及びチャネルデコードなどで構成される。前記メッセージ処理ブロックは、受信信号から制御情報を抽出して前記制御部1005に提供する。

【0094】

前記制御部1005は、前記端末の全般的な動作を制御する。例えば、前記制御部1005は、前記ビーム選択部1007及びサウンディング信号生成部1008を制御する。

【0095】

10

20

30

40

50

前記ビーム選択部 1007 は、基地局から基準信号を受信し、前記端末に最も適合したアナログ及びデジタルビームフォーミングプリコードを決定する。そのために、前記端末は、アナログ及びデジタルビームフォーミングプリコードセットを予め保存してある場合がある。以降、前記ビーム選択部 1007 は、決定したアナログ及びデジタルビームフォーミングプリコード又はこれに該当するインデックスを決定できる。

【0096】

前記サウンディング信号生成部 1008 は、基地局に送信するサウンディング信号を生成する。

【0097】

前記送信部 1009 は、前記基地局に送信するデータ及び制御メッセージを符号化及び高周波信号に変換して前記デュプレクサ 1001 に送信する。例えば、前記送信部 1009 は、メッセージ生成ブロック、チャンネル符号ブロック、変調ブロック及び RF 処理ブロックなどを含んで構成されることができる。前記メッセージ生成ブロックは、前記決定したアナログ及びデジタルビームフォーミングプリコード又はこれに該当するインデックス又はサウンディング信号を含むメッセージを生成する。前記チャンネル符号ブロックは、変調器、インターリーバ及びチャンネルエンコードなどで構成される。前記変調ブロックは、IFFT 演算を介して前記チャンネル符号ブロックから提供された信号を各副搬送波にマッピングする。前記 RF 処理ブロックは、前記変調ブロックから提供された基底帯域信号を高周波信号に変換して前記デュプレクサ 1001 に出力する。

【0098】

図 11 は、本発明の実施形態による端末の動作を示す図である

【0099】

上記図 11 を参照して Case 1 について説明すると、前記端末は、基準信号を測定する場合（ステップ 1105）、前記基準信号の測定値に基づいてアナログ及びデジタルビームフォーミングプリコードを決定する（ステップ 1110）。以降、決定したアナログ及びデジタルビームフォーミングプリコード又はこれに対するインデックスを基地局に送信する（ステップ 1115）。

【0100】

Case 2 について説明すると、前記端末が基地局が送信したダウンリンクビームを受信すると（ステップ 1120）、前記基地局にサウンディング信号を送信する（ステップ 1125）。この例は、TDD システムに関し、基地局が送信のために使用するダウンリンクチャンネルと端末が送信のために使用するアップリンクチャンネルとが同じ場合を示す。

【0101】

Case 3 について説明すると、基地局がアナログ及びデジタルビームプリコードを予め決定している場合、前記端末は基地局が送信したダウンリンクビームを測定し（ステップ 1130）、前記端末は、測定した値に基づいて基地局が使用するアナログ及びデジタルビームフォーミングプリコードを決定する（ステップ 1135）。

【0102】

上記図 11 に関連する方法は、本発明下で、1 つ又はそれ以上のソフトウェアモジュール又は端末を含む電子装置に保存されたコンピュータプログラム内で 1 つ又はそれ以上の命令として提供され得る。

【0103】

明細書の請求項及び説明による本発明の実施形態は、ハードウェア、ソフトウェア又はハードウェアとソフトウェアの組み合わせによって実現され得る。

【0104】

このようなソフトウェアは、コンピュータ読取可能な記憶媒体に保存され得る。前記コンピュータ読取可能な記憶媒体は、1 つ以上のプログラム（ソフトウェアモジュール）を保存し、前記 1 つ以上のプログラムは、前記装置内の 1 つ以上のプログラムによって実行される際、前記装置が本発明の方法を実行できるようにする命令を含む。

## 【 0 1 0 5 】

このようなソフトウェアは揮発性又は不揮発性記憶装置の形態で保存され得る。例えば、前記記憶装置は、ROM (Read Only Memory) を例に挙げることができる。削除又は書き換えが可能であるか否かによって、RAM (Random Access Memory)、メモリチップ、装置又は集積回路を挙げることができる。又は、光学的又は磁氣的に読取可能な媒体であるCD、DVD、磁気ディスク、磁気テープなどを例に挙げることができる。前記記憶装置及び記憶媒体は、マシン読取可能な記憶装置で、命令を含むプログラムを保存することに適合し、前記命令は実行される場合、本発明の実施形態を具現する。

## 【 0 1 0 6 】

10

本発明の実施形態は、明細書の請求項で請求された方法及び装置を具現するためのコードで構成されたプログラム及び前記プログラムを保存するマシン読取可能な記憶媒体を提供する。前記プログラムは、有線又は無線接続を利用する通信信号のような媒体を介して電子的に提供されることができ、本発明の実施形態はこのような側面を含む。

## 【 0 1 0 7 】

一方、本発明の詳細な説明では具体的な実施形態について説明したが、本発明の範囲から逸脱しない限度内で様々な変形が可能である。したがって、本発明の範囲は説明された実施形態に限定されて定められてはならず、後述する特許請求の範囲のみでなくこの特許請求の範囲と均等なものによって定められるべきである。

## 【 符号の説明 】

20

## 【 0 1 0 8 】

1 0 0 エンコーダ  
1 0 2 エンコーダ  
1 1 0 変調器  
1 1 2 変調器  
1 2 0 ストリーム  
1 2 2 エンコーダ  
1 2 4 前処理器  
1 3 0 I F F T 部  
1 3 2 I F F T 部  
1 4 0 P S C 部  
1 4 2 P S C 部  
1 5 0 C P 挿入部  
1 5 2 C P 挿入部  
1 6 0 D A C 部  
1 6 2 D A C 部  
1 7 0 制御部  
1 8 0 位相シフタ  
1 8 2 位相シフタ  
1 9 5 グループ  
1 9 7 グループ  
2 0 0 エンコーダ  
2 0 2 エンコーダ  
2 1 0 変調器  
2 1 2 変調器  
2 2 0 ストリーム  
2 2 2 M I M O ストリーム  
2 2 4 前処理器  
2 3 0 I F F T 部  
2 3 2 I F F T 部

30

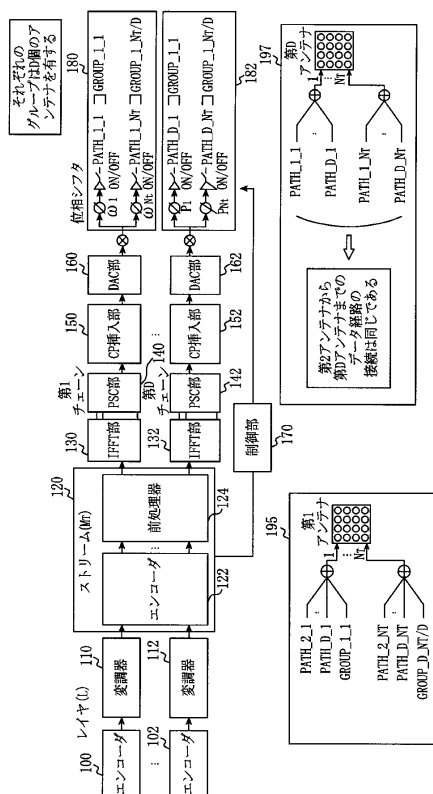
40

50

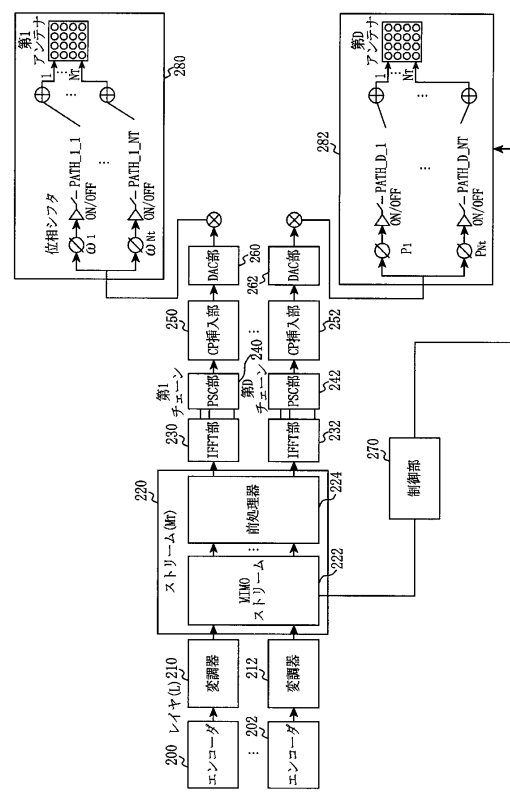
2 4 0	P S C 部	
2 4 2	P S C 部	
2 5 0	C P 挿入部	
2 5 2	C P 挿入部	
2 6 0	D A C 部	
2 6 2	D A C 部	
2 7 0	制御部	
2 8 0	位相シフト	
2 8 2	位相シフト	
3 0 0	エンコーダ	10
3 0 2	エンコーダ	
3 1 0	変調器	
3 1 2	変調器	
3 2 0	ストリーム	
3 2 2	M I M O エンコーダ	
3 2 4	前処理器	
3 3 0	I F F T 部	
3 3 2	I F F T 部	
3 4 0	P S C 部	
3 4 2	P S C 部	20
3 5 0	C P 挿入部	
3 5 2	C P 挿入部	
3 6 0	D A C 部	
3 6 2	D A C 部	
3 7 0	制御部	
3 8 0	位相シフト	
3 8 2	位相シフト	
4 0 0	エンコーダ	
4 0 2	エンコーダ	
4 1 0	変調器	30
4 1 2	変調器	
4 2 0	ストリーム	
4 2 2	M I M O エンコーダ	
4 2 4	前処理器	
4 3 0	I F F T 部	
4 3 2	I F F T 部	
4 4 0	P S C 部	
4 4 2	P S C 部	
4 5 0	C P 挿入部	
4 5 2	C P 挿入部	40
4 6 0	D A C 部	
4 6 2	D A C 部	
4 7 0	制御部	
4 8 0	位相シフト	
4 8 2	位相シフト	
5 2 2	M I M O エンコーダ	
5 2 4	前処理器	
5 3 0	I F F T 部	
5 3 2	I F F T 部	
5 4 0	P S C 部	50

- |         |              |
|---------|--------------|
| 5 4 2   | P S C 部      |
| 5 5 0   | C P 挿入部      |
| 5 5 2   | C P 挿入部      |
| 5 6 0   | D A C 部      |
| 5 6 2   | D A C 部      |
| 5 8 0   | アンテナ         |
| 5 8 2   | アンテナ         |
| 1 0 0 1 | デュプレクサ       |
| 1 0 0 3 | 受信部          |
| 1 0 0 5 | 制御部          |
| 1 0 0 7 | ビーム選択部       |
| 1 0 0 8 | サウンディング信号生成部 |
| 1 0 0 9 | 送信部          |

【圖 1】

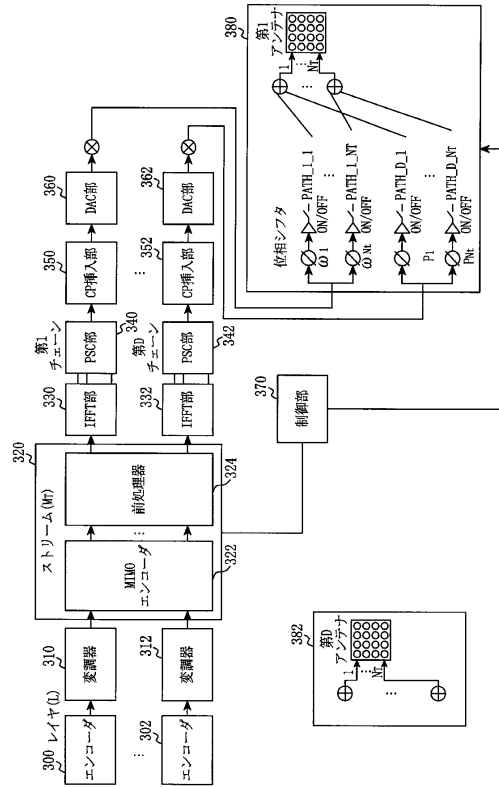


【圖 2】

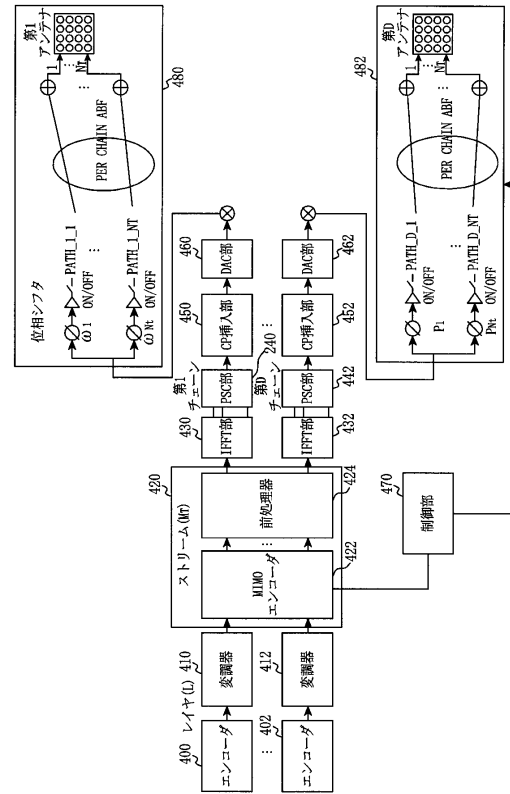




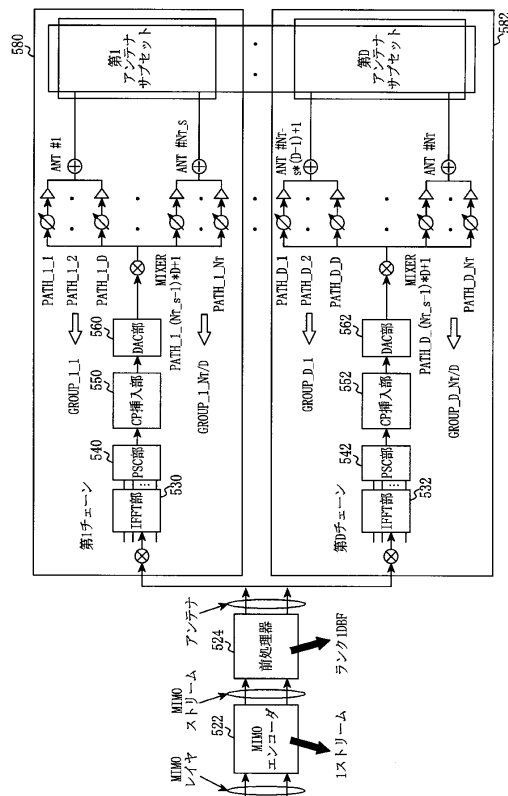
【図 3】



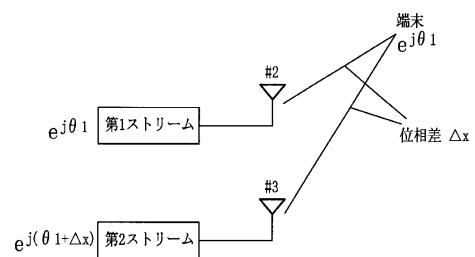
【図 4】



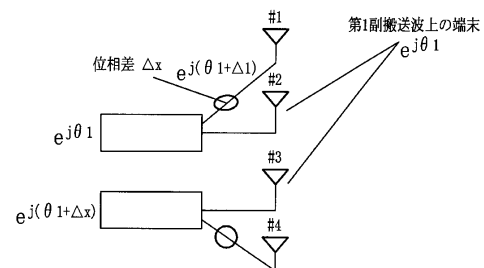
【図 5】



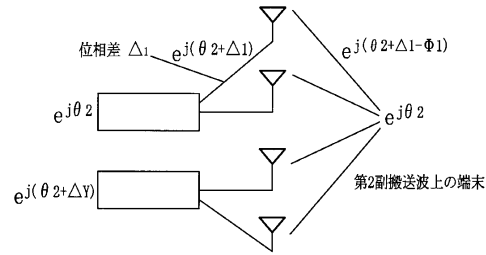
【図 6】



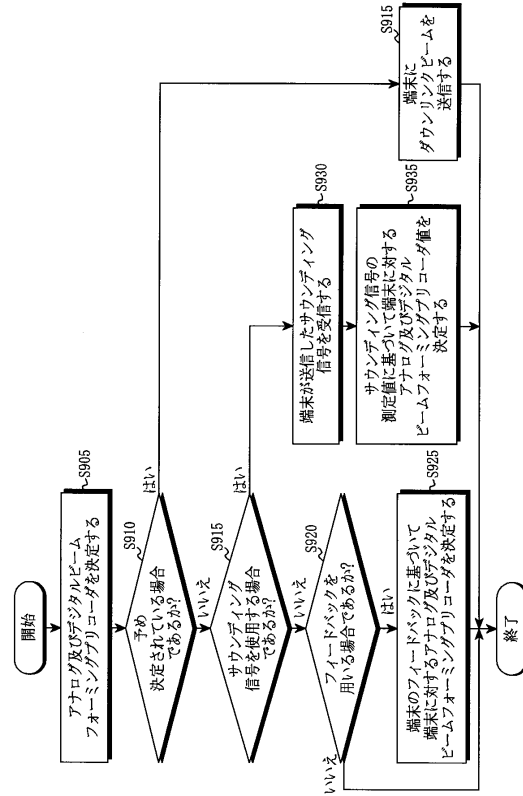
【図 7】



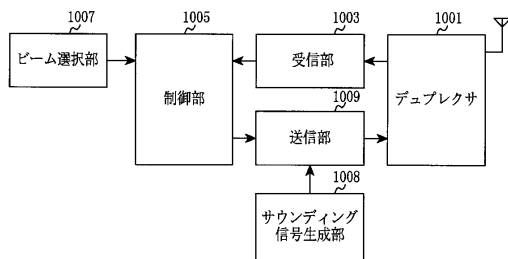
【図 8】



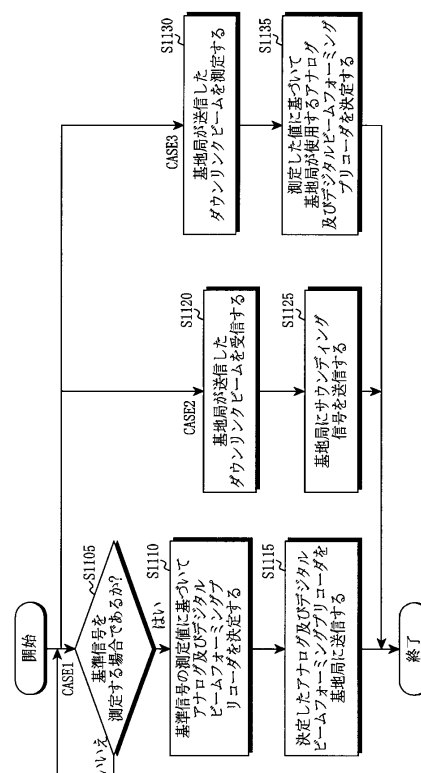
【図 9】



【図 10】



【図 11】



---

フロントページの続き

(72)発明者 シュアンフェン・ハン

大韓民国・キョンギ - ド・ 4 4 3 - 7 3 8 ・スウォン - シ・ヨントン - グ・チョンミョンブク - ロ  
・ 8 1 ・ # 4 0 4 - 1 4 0 2

(72)発明者 ブルーノ・クレルクス

大韓民国・ソウル・ 1 3 7 - 9 6 3 ・ソチョ - グ・ヒョリョン - ロ・ 5 3 - ギル・ 4 5 ・ # 9 2 0

審査官 野元 久道

(56)参考文献 特許第 3 3 4 8 8 6 3 ( J P , B 2 )

特表 2 0 0 9 - 5 3 6 0 0 8 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 4 B 7 / 0 6

H 0 4 B 7 / 0 4 5 2