

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6174574号
(P6174574)

(45) 発行日 平成29年8月2日(2017.8.2)

(24) 登録日 平成29年7月14日(2017.7.14)

(51) Int. Cl.	F I		
HO4B 1/04 (2006.01)	HO4B 1/04	E	
HO4B 7/0413 (2017.01)	HO4B 7/0413		
HO4B 7/06 (2006.01)	HO4B 7/06	950	
HO1Q 3/26 (2006.01)	HO1Q 3/26	Z	
HO4J 11/00 (2006.01)	HO4J 11/00	B	

請求項の数 15 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2014-513755 (P2014-513755)
 (86) (22) 出願日 平成24年6月1日(2012.6.1)
 (65) 公表番号 特表2014-522604 (P2014-522604A)
 (43) 公表日 平成26年9月4日(2014.9.4)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2012/040500
 (87) 国際公開番号 W02012/167111
 (87) 国際公開日 平成24年12月6日(2012.12.6)
 審査請求日 平成27年6月1日(2015.6.1)
 (31) 優先権主張番号 61/492,576
 (32) 優先日 平成23年6月2日(2011.6.2)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 500288603
 パーカーヴィジョン インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 32256 フロリダ州
 ジャクソンヴィル ベイメドウズ ウエイ 7915
 (74) 代理人 110001243
 特許業務法人 谷・阿部特許事務所
 (72) 発明者 ディヴィッド エフ. ソレルス
 アメリカ合衆国 32068 フロリダ州
 ミドルバーグ ライドアウト レーン 3129

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アンテナ制御

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

入力情報を受け取り、当該受け取った入力情報に基づいて、振幅制御信号、位相制御信号、および電力供給制御信号を生成するように構成された制御回路と、

前記振幅制御信号および前記位相制御信号を受け取り、当該受け取った振幅制御信号および位相制御信号に基づいて制御された振幅および位相で無線周波数(RF)出力信号を生成するように構成された多入力単出力(MISO)オペレータと、

前記電力供給制御信号に基づいて前記MISOオペレータに供給される電力量を制御することにより、前記MISOオペレータの前記RF出力信号の前記振幅および/または前記位相を制御するように構成された電源と、

前記RF出力信号を受信および送信するように構成されたアンテナ素子とを備えることを特徴とするエネルギー変換器ベースの送信器。

【請求項2】

位相制御情報および出力電力制御情報を前記制御回路に供給するように構成されたデジタルおよび混合信号回路をさらに備えることを特徴とする請求項1に記載の送信器。

【請求項3】

前記制御回路は、前記デジタルおよび混合信号回路から供給される前記位相制御情報および前記出力電力制御情報に基づいて前記振幅制御信号および前記位相制御信号を生成するように構成されることを特徴とする請求項2に記載の送信器。

【請求項4】

入力情報に基づいて振幅制御信号、位相制御信号、および電力供給制御信号を制御回路により生成するステップと、

前記振幅制御信号および前記位相制御信号に基づいて無線周波数（RF）出力信号を多入力単出力（MISO）オペレータにより生成するステップと、

前記MISOオペレータに供給される電力量を制御することにより、前記MISOオペレータの前記RF出力信号の振幅および/または位相を電源により制御するステップと、

前記RF出力信号をアンテナにより送信するステップと

を含むことを特徴とする方法。

【請求項5】

位相制御情報および出力電力制御情報を前記制御回路に供給するステップをさらに含むことを特徴とする請求項4に記載の方法。

10

【請求項6】

前記供給するステップは、前記位相制御情報および前記出力電力制御情報に基づいて前記振幅制御信号および前記位相制御信号を生成するステップを含むことを特徴とする請求項5に記載の方法。

【請求項7】

複数の信号経路を備える多素子送信アンテナアレイであって、前記信号経路のそれぞれが、

入力情報を受け取り、当該受け取った入力情報に基づいて、振幅制御信号、位相制御信号、および電力供給制御信号を生成するように構成された制御回路と、

20

前記振幅制御信号および前記位相制御信号を受け取り、当該振幅制御信号、位相制御信号に基づいて、無線周波数（RF）出力信号を生成するように構成された多入力単出力（MISO）オペレータと、

前記電力供給制御信号に基づいて前記MISOオペレータに供給される電力量を制御することにより、前記MISOオペレータの前記RF出力信号の振幅および/または位相を制御するように構成された電源と、

前記RF出力信号を受信および送信するように構成されたアンテナ素子と

を備えることを特徴とする多素子送信アンテナアレイ。

【請求項8】

位相制御情報および出力電力制御情報を前記制御回路に供給するように構成されたデジタルおよび混合信号回路をさらに備えることを特徴とする請求項7に記載の多素子送信アンテナアレイ。

30

【請求項9】

前記制御回路は、前記デジタルおよび混合信号回路から供給される前記位相制御情報および前記出力電力制御情報に基づいて前記振幅制御信号および前記位相制御信号を生成するように構成されることを特徴とする請求項8に記載の多素子送信アンテナアレイ。

【請求項10】

前記複数の信号経路は、多素子電子式可動アンテナ（MESA）アレイを形成することを特徴とする請求項7に記載の多素子送信アンテナアレイ。

【請求項11】

40

前記複数の信号経路は、多入力多出力（MIMO）アンテナを形成することを特徴とする請求項7に記載の多素子送信アンテナアレイ。

【請求項12】

前記複数の信号経路は、複数の多入力多出力（MIMO）アンテナを形成することを特徴とする請求項7に記載の多素子送信アンテナアレイ。

【請求項13】

前記複数の信号経路は、セルラ電話、衛星電話、ハンドセットデバイス、またはそれらの組合せのうち少なくとも1つに使用するための複数のアンテナ素子を形成することを特徴とする請求項7に記載の多素子送信アンテナアレイ。

【請求項14】

50

前記信号経路のそれぞれの前記アンテナ素子を位相較正するように構成された較正経路をさらに備えることを特徴とする請求項7に記載の多素子送信アンテナアレイ。

【請求項15】

前記複数の信号経路のそれぞれの利得、放射パターン、動作方向、またはそれらの組合せは、前記複数の信号経路の出力信号間の相対位相シフト、前記複数の信号経路の前記出力信号の振幅、またはそれらの組合せのうち少なくとも1つを調整することによって調整可能であることを特徴とする請求項7に記載の多素子送信アンテナアレイ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は一般に、電氣的に構成可能および制御可能なアンテナ素子に関する。より具体的には本発明の実施形態は、それだけには限らないが、例えば、多素子アンテナアレイ、多素子電子式可動アンテナ(MESA)、およびMESAを多入力多出力(MIMO)アンテナ技術と組み合わせたもののアンテナ素子など個々のアンテナ素子の振幅パラメータおよび/または位相パラメータを制御および構成することに関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、アンテナは、無指向性アンテナ、半指向性アンテナ、および高指向性アンテナの3つのカテゴリに分類され得る。これら3つの一般的なアンテナカテゴリは、それぞれ異なる電磁信号指向特性および利得特性(しばしば「指向性」と呼ばれる)を有する。アンテナ指向性は、アンテナのピーク強度の方向または所望の動作方向の放射強度と、他の全方向の平均放射強度(例えば、対象となる方向を含む比の分母によって獲得される全方向の総積算電力)との比と定義され得る。指向性に加えて、アンテナは、基準角に対するアンテナ信号強度の2次元または3次元のグラフにされ得る放射パターンによっても特徴づけられる。

【0003】

無指向性アンテナは広い放射パターンを有し、電磁信号を全方向でほぼ均一に送信および受信することができる。無指向性アンテナの例は、ダイポール、ディスコーン、マスク、およびループを含む。半指向性アンテナは、所望のエネルギーおよび信号を所望の方向に集中させることができる。半指向性アンテナの例は、パッチアンテナ、パネルアンテナ(パッチアンテナとパネルアンテナの両方が「平面アンテナ」とも呼ばれる)、および八木アンテナ(例えば、水平導体を有し、いくつかの絶縁ダイポールがその導体に平行に、かつその導体の平面内にある指向性アンテナ)を含む。

【0004】

半指向性アンテナは、無指向性アンテナと比べて改善された利得を所望の動作方向に示す一方で、他の方向の信号の利得、および/または他の方向の信号からの潜在的な干渉を低減する。上記のように、半指向性アンテナのこれらの特性は指向性と呼ばれる。高指向性アンテナは、上述の一般的なアンテナのタイプと比較して、所望の動作方向においてのより小さい放射角、より集中されたビーム、およびより狭いビーム幅を実現する。高指向性アンテナの例は、パラボラディッシュアンテナ、固定アレイアンテナ、およびグリッドアンテナを含む(グリッドアンテナは例えば、縁部がわずかに内側に湾曲した長方形のバーベキューグリルに似ている。グリッドアンテナ上のワイヤの間隔は、アンテナの設計された動作波長によって決定される。)

【0005】

上述の一般的なアンテナのタイプの3つすべて(すなわち、無指向性、半指向性、および高指向性のアンテナ)はまた、固定アンテナ設計として分類されてもよい。固定アンテナ設計は、固定利得、固定放射パターン(例えば、固定指向性)、および固定動作方向を有するものである。固定高指向性アンテナの例は、衛星通信で一般に使用されるパラボラディッシュアンテナである。パラボラディッシュアンテナは反射器を含み、これは、特定の放射パターンでの所望のアンテナ利得およびビーム幅を生成するように寸法設定され、

10

20

30

40

50

所望の動作方向に向けられ得る。

【0006】

固定アンテナ設計は、固定利得、固定位置、固定距離および固定方向通信システムに特に適しているが、可変方向および/または可変利得が必要な適用例には特に適していない。例えば、パラボラディッシュアンテナの利得および放射パターンは、ディッシュの反射器のサイズおよび設計に基づいて固定され、その動作方向は、ディッシュの物理的な方向を変えることによってしか変化させることができない。静止パラボラディッシュアンテナのこれらの欠点および制限事項は、ほとんどの固定アンテナ設計に当てはまる。

【0007】

前述の固定アンテナ設計の制限事項に対して利点を有するアンテナは、多素子電子式可動アンテナ(MESA)である。このタイプのアンテナは、固定位置でもポータブル(または移動)環境でも利用されてよい。単一のMESAは、無指向性、半指向性または高指向性のアンテナ放射パターンまたは指向性を生成するように設計され得る。MESAの指向性および利得は、アンテナアレイ素子の数と、アンテナアレイ素子間の相対位相シフトおよび/または振幅を決定および制御する能力とによって決定される。

10

【0008】

MESAは、そのアンテナアレイ素子の相対位相シフトおよび/または振幅を変えることによって、その利得および放射パターン(例えば指向性)、ならびにその動作方向を電子的に変化させることができる。さらに、MESAは、その動作方向、その利得、またはその放射パターンを変化させるのにモータまたはサーボモータなどの機械的構成要素を必要としない。これは、そのサイズと重量の両方が低減されることを可能にして、MESAをポータブル(または移動)通信システムの理想的な候補にする。加えて、MESA動作パラメータは電子的に修正され得るので、MESAの動作方向は、固定アンテナ設計よりも急速に変化させることができ、MESAを、高速で移動する信号を突き止め、捕捉し、追跡するための良好なアンテナ技術にする。

20

【0009】

従来のMESAアレイは、指向性を制御するのに様々な移相器(例えば、時間遅延移相器、ベクトル変調器、およびデジタル移相器)を使用する。しかし、このような移相器の入力ダイナミックレンジおよび分解能は限られており、相対位相シフトの決定された構成の設定され得る精度を限定する。ひいては、これは、得られるアンテナアレイのビームステアリング角度の精度、およびいくつかの適用例(例えば、高移動度適用例)でのアンテナアレイの適合性を限定する。アレイのアンテナ素子の数を増加させることは一般に、ビームステアリング角度のより高い精度を可能にするが、実装面積およびコストの増大を伴う。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】米国特許出願第11/256172号明細書

【特許文献2】米国特許第7184723号明細書

【特許文献3】米国特許出願第11/508989号明細書

【特許文献4】米国特許第7355470号明細書

【特許文献5】米国特許出願第12/236079号明細書

【特許文献6】米国特許第7911272号明細書

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

したがって、アンテナ設計に関連する実装面積、コスト、および消費電力を最小限にしながら、可変指向性および可変利得を得るためのアンテナ設計が必要とされている。本発明の実施形態は一般に、電子的に構成可能かつ制御可能なアンテナ素子に関連する。

【課題を解決するための手段】

50

【0012】

本発明の実施形態はエネルギー変換器送信器を含む。この送信器は、入力情報を受け取るように、かつ振幅制御信号および位相制御信号を生成するように構成された制御回路と、振幅制御信号および位相制御信号を受け取るように、かつ無線周波数(RF)出力信号を生成するように構成された多入力単出力(MISO)オペレータと、RF出力信号を受信および送信するように構成されたアンテナ素子とを含むことができる。送信器はまた、位相制御情報および出力電力制御情報を制御回路に供給するように構成されたデジタルおよび混合信号回路と、MISOオペレータに供給される電力の量を制御するように構成された電源とを含むこともできる。実施形態では、混合信号回路は、アナログ回路とデジタル回路の両方を含む回路と定義されてよい。混合回路の例は、それだけには限らないが、デジタル-アナログ変換器(DAC)回路、アナログ-デジタル変換器(ADC)回路、パルス幅変調器、および位相ロックループ(PLL)回路を含む。

10

【0013】

本発明の別の実施形態は、高周波(RF)信号送信の方法を含む。この方法は、入力情報から導出された振幅制御信号および位相制御信号を制御回路により生成するステップと、振幅制御信号および位相制御信号に基づいて無線周波数(RF)出力信号を多入力単出力(MISO)オペレータにより生成するステップと、RF出力信号をアンテナにより送信するステップとを含む。この方法はまた、位相制御情報および出力電力制御情報を制御回路に供給するステップと、MISOオペレータに供給される電力の量を電源により制御するステップとを含むこともできる。実施形態では、MISOオペレータは、振幅制御信号および位相制御信号によって制御され得るエネルギー変換器である。

20

【0014】

本発明の別の実施形態は、多素子アンテナアレイを含む。このアレイは複数の信号経路を含むことができ、信号経路のそれぞれは、入力情報を受け取るように、かつ振幅制御信号および位相制御信号を生成するように構成された制御回路と、振幅制御信号および位相制御信号を受け取るように、かつ無線周波数(RF)出力信号を生成するように構成された多入力単出力(MISO)オペレータと、RF出力信号を受信および送信するように構成されたアンテナ素子とを含む。アレイはまた、位相制御情報および出力電力制御情報を制御回路に供給するように構成されたデジタルおよび混合信号回路と、信号経路のそれぞれについてアンテナ素子の振幅および位相を較正するように構成された較正経路とを含むこともできる。それぞれの信号経路のMISOオペレータは、振幅制御信号および位相制御信号によって制御され得るエネルギー変換器である。

30

【0015】

本発明の別の実施形態、特徴および利点、ならびに本発明の様々な実施形態の構造および動作について、添付の図面を参照して以下で詳細に説明される。本発明は、本明細書に記載された特定の実施形態に限定されないことに留意されたい。このような実施形態は、本明細書では説明の目的にだけ提示される。さらなる実施形態は、本明細書に包含される教示に基づいて当業者には明らかになる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

本明細書に組み込まれ、本明細書の一部を形成する添付の図面は、本発明の実施形態を図示すると共に、本明細書と合わせて、本発明の原理を説明するのに、また当業者が本発明物を作製し使用することを可能にするのにも役立つ。

40

【図1A】2素子アンテナアレイビームステアリング例を示す図である。

【図1B】2素子アンテナアレイビームステアリング例を示す図である。

【図2A】6素子アンテナアレイビームステアリング例を示す図である。

【図2B】6素子アンテナアレイビームステアリング例を示す図である。

【図3A】異なる主ビームステアリング角度値での20素子アンテナアレイの例示的ビームを示す図である。

【図3B】異なる主ビームステアリング角度値での20素子アンテナアレイの例示的ビーム

50

ムを示す図である。

【図3C】異なる主ビームステアリング角度値での20素子アンテナアレイの例示的ビームを示す図である。

【図4】従来の多素子送信アンテナアレイを示す図である。

【図5】本発明の実施形態による、エネルギー変換器ベースの多素子アンテナアレイを示す図である。

【図6】例示的エネルギー変換器ベースのRF送信器を示す図である。

【図7】例示的多入力多出力(MIMO)アンテナ構成を示す図である。

【図8】本発明の実施形態による、エネルギー変換器ベースの多素子送信アンテナアレイおよびエネルギーサンプリングベースの多素子受信アンテナアレイを有する例示的無線デバイスを示す図である。

10

【図9】本発明の実施形態による、エネルギー変換器ベースの多素子送信アンテナアレイの較正機能の例示的实施態様を示す図である。

【図10】本発明の実施形態による、多素子送信アンテナアレイの送信アンテナ素子を較正する方法の処理流れ図である。

【図11A】本発明の実施形態による、多素子電子式可動アンテナ(MESA)の例示的構成を示す図である。

【図11B】本発明の実施形態による、多素子電子式可動アンテナ(MESA)の例示的構成を示す図である。

【図11C】本発明の実施形態による、多素子電子式可動アンテナ(MESA)の例示的構成を示す図である。

20

【図11D】本発明の実施形態による、多素子電子式可動アンテナ(MESA)の例示的構成を示す図である。

【図12】本発明の実施形態が実施されてよい例示的移動デバイス通信システムを示す図である。

【0017】

本発明の実施形態が添付の図面を参照して説明される。通例、要素が最初に現われる図面は、対応する参照番号の最も左の数字によって通常は表示される。

【発明を実施するための形態】

【0018】

30

1. エネルギー変換器

「エネルギー変換器」という用語が明細書全体を通して使用される。実施形態では、エネルギー変換器は、トランスインピーダンスノードにおいてダイナミックインピーダンスを制御することによって、エネルギーをポテンシャルエネルギー(例えば、ACまたはDC電源)から無線周波数(RF)信号に変換するように構成された装置であり、それによって可変の動的負荷線を得る。エネルギー変換器の例は、上記の相互参照された米国特許に記載されており、これらは参照によりそれらの全体が本明細書に組み込まれる。例えば、上記の相互参照された米国特許の少なくとも1つに記載されているように、エネルギー変換器ベースの送信器は、所望の波形を出力電力の広い範囲にわたって高度に線形に、かつ効率的に発生することを可能にする。この高度に線形かつ効率的なエネルギー変換器は、エネルギー変換器ベースの送信器の様々な段に適用され得る振幅および/または位相制御機構によって支援される。例えば、振幅および/または位相制御信号は、デジタル制御回路(いくつかの実施形態では、本明細書で「ベクトル合成エンジン」(VSE)とも呼ばれる)によって生成され、エネルギー変換器ベースの送信器の多入力多出力(MISO)オペレータ回路に加えられてよい。次に、振幅および/または位相制御信号は、エネルギー変換器の出力において高い振幅/位相精度を確保するために、様々な回路およびシステム特性化、回路および/またはシステム較正および/またはフィードバック(例えば、測定および補正)機構によって支援されてよい。

40

【0019】

実施形態では、MISOオペレータは、ポテンシャルエネルギー源とRF出力回路の間

50

のインピーダンスを制御して所望の出力電力で所望のRF信号を生成するように構成されてよい。実施形態では、MISOオペレータへの多数の制御入力部は、制御上方岐路回路と制御下方岐路回路に分割された制御経路とすることができる。あるいは、MISOオペレータへの多数の制御入力部は、多数の制御経路がある単一の岐路を制御することもできる。MISOへの入力部として機能する制御経路は、トランスインピーダンスノードの複素インピーダンスを制御するために、MISOオペレータによって直接または間接的に利用されてよい。本発明の実施形態により、MISOオペレータへのそれぞれのベースバンド情報入力サンプルは、対応する複素インピーダンス値をトランスインピーダンスノードにおいて有してよい。MISOオペレータおよび対応するMISO回路は、トランスインピーダンスノードのインピーダンスが振幅制御信号および位相制御信号（例えば、MISOオペレータへの入力）に基づいて変えられてよいような、数学的「関数」または「演算」を適用するとみなされてよい。

10

【0020】

実施形態では、エネルギー変換器は、ある種類の電気エネルギーを別の種類のエネルギーに変換することができる。エネルギー変換器への入力ポテンシャルエネルギーの統計量は、エネルギー変換器からの出力エネルギーの統計量と異なり得る。したがって、多様な形の電気エネルギー（例えば、ACまたはDCエネルギー）は、エネルギー変換器の入力部で消費され、エネルギー変換器の出力部で所望の変調RF搬送波を生成するように変調され得る。

【0021】

20

「エネルギー変換器」の上記の説明は、従来の増幅器の特性と対照をなす。例えば、当業者によって理解されるように、従来の増幅器は、増幅器の出力に対して任意の統計量を保有する入力を受け入れるように設計されていない。むしろ、従来の増幅器は通常、電圧、電流および周波数を含む入力の基本的な統計量を、増幅過程中に消費される増幅器の電力供給による付加電力増加と共に、その出力において再現するように設計される。

【0022】

さらに、従来の増幅器設計では、増幅器への入力は、増幅器の出力と一致する搬送波周波数を保有しなければならず、また、入力と出力の相互相関は可能な限り1に近いか、または増幅器の最小限の出力波形要件を満たすべきである。例えば、従来の増幅器は、その入力部に結合されるべき変調RF搬送波信号を必要とし、出力部には、その入力変調RF搬送波信号の増幅されたバージョンを必要とする。この要件は、増幅器設計において雑音および非直線性の原因となることに加わるものである。

30

【0023】

2. 多素子アンテナアレイにおけるビームステアリング

この節では、多素子アンテナアレイにおけるビームステアリングが説明される。例として、図1Aおよび図1Bは、例示的2素子アンテナアレイ100におけるビームステアリングを概念的に図示する。アンテナアレイ100は、送信アンテナでも受信アンテナでもよい。図1Aに示されるように、アンテナ100は、アンテナアレイ100の第1のアンテナ素子および第2のアンテナ素子（図1Aに図示せず）の位相をそれぞれ制御する第1の可変移相器102、および第2の可変移相器104を含む。

40

【0024】

アンテナアレイ100の（アンテナの動作方向を決定する）主ビームステアリング角度（基準Y軸に対して測定される）は、第1のアンテナ素子と第2のアンテナ素子の間の相対位相シフト（本明細書では「 θ 」と表記される）の関数になる。図1Aで、主ビームステアリング角度は、記号「 θ 」で表記されている。

【0025】

アンテナアレイ100の主ビームステアリング角度と、アンテナアレイ100の第1のアンテナ素子と第2のアンテナ素子の間の相対位相シフトとは、次式によって関係づけられることが示され得る。

【0026】

50

【数 1】

$$\frac{360}{\Delta\Phi} = \frac{\lambda}{x} \quad (1)$$

【0027】

ここで x は、図 1 A で「 x 」と標示された距離であり、 λ は送信 / 受信ビームの波長である。

【0028】

図 1 A から、アンテナアレイ 100 の第 1 のアンテナ素子と第 2 のアンテナ素子の間の距離 (図 1 A で「 d 」と表記) は、次式により「 x 」と関係づけられる。

$$x = d * \sin(\theta_s) \quad (2)$$

【0029】

したがって、代入することにより、アンテナアレイ 100 の第 1 のアンテナ素子と第 2 のアンテナ素子の間の相対位相シフトは、アレイの主ビームステアリング角度の関数として次式のように書き表され得る。

【0030】

【数 2】

$$\Delta\Phi = \frac{360 * d * \sin(\Phi_s)}{\lambda} \quad (3)$$

【0031】

数値例として、アンテナアレイ 100 の RF 出力周波数が 3 GHz (波長 (λ) = 9.993 cm に相当)、第 1 のアンテナ素子と第 2 のアンテナ素子の間の距離 (d) が 2.5 cm、所望のビームステアリング角度 (θ_s) が 45 度であると想定する。これらの数値を上記の式 (3) に代入すると、第 1 のアンテナ素子と第 2 のアンテナ素子の間に約 63.684 度の相対位相シフト ($\Delta\Phi$) が得られる。この例から得られるアンテナアレイ

【0032】

ビーム 106 が図 1 B に図示されている。

図 2 A は、例示的 6 素子アンテナアレイ 200 におけるビームステアリングを概念的に図示する。図 2 B は、45 度のビームステアリング角度 (θ_s) の場合にアンテナアレイ 200 によって生成される例示的ビーム 210 を示す。例示的 2 素子アンテナアレイ 100 と同様に、アンテナアレイ 200 のビームステアリング角度 (θ_s) は、アレイの連続するアンテナ素子間の相対位相シフトの関数になる。

【0033】

図 3 A ~ 3 C は、異なる主ビームステアリング角度値での 20 素子アンテナアレイの例示的ビームパターンを示す。具体的には、図 3 A、図 3 B および図 3 C は、20 素子アンテナアレイを使用して生成される 45 度、60 度および 90 度のビームステアリング角度 (θ_s) それぞれでの例示的アンテナアレイビームパターン 300 A、300 B および 300 C をそれぞれ示す。図 3 A ~ 3 C に示されるように、20 素子アンテナアレイの指向性 (例えば、所望の方向の利得、および / または他の方向の信号からの潜在的干渉の減衰量) は、選択されたビームステアリング角度 (θ_s) において最大になる。

【0034】

3. 従来の多素子アンテナアレイ

図 4 は、従来の多素子送信アンテナアレイ 400 を示す。図 4 に示されるように、従来の多素子送信アンテナアレイ 400 は複数 (N) の単一経路を含み、それぞれが送信器 402₁ ~ 402_N、電力増幅器 (PA) 404₁ ~ 404_N、可変移相器 406₁ ~ 40

10

20

30

40

50

6_N、およびアンテナ素子408₁~408_Nを含む。送信(TX)情報410は、複数の信号経路のそれぞれに、そのそれぞれの送信器402₁~402_Nを介して同時に入力される。送信器402は、任意の知られている従来の送信器でよい。送信器402₁~402_Nは、局部発振器(LO)414からの基準信号416を使用して、例えば入力TX情報410を変調および/または周波数アップコンバートする。送信器402₁~402_Nの出力は、それぞれPA404₁~404_Nによって電力増幅され、次に、可変移相器406₁~406_Nによる作用をそれぞれ受ける。具体的には、それぞれの可変移相器406₁~406_Nは、それぞれの位相シフト制御信号412₁~412_Nに基づいて、それぞれの位相シフトをそれぞれのPA出力に施す。

【0035】

多素子アンテナアレイ400によって所望のビームステアリング角度を実現するには、連続するアンテナ素子408₁~408_N間の相対位相シフトが適切に設定されなければならない。これは、連続するアンテナ素子408₁~408_N間の、結果として所望のビームステアリング角度になる、相対位相シフトの構成を決定することを含み、また、決定された構成を実現するために、必要に応じて、単一の経路ごとに可変移相器406₁~406_Nを制御することを含む。

【0036】

従来のMESAアレイを含む従来の多素子アンテナアレイは、例えば時間遅延移相器、ベクトル変調器、およびデジタル移相器を使用して可変移相器406₁~406_Nを実施する。しかし、このような移相器のダイナミックレンジおよび分解能は限られており、相対位相シフトの決定された構成の設定され得る精度を限定する。ひいては、これは、得られるアンテナアレイのビームステアリング角度の精度、およびいくつかの適用例(例えば、高移動度適用例)でのアンテナアレイの適合性を限定する。アレイのアンテナ素子の数を増加させることが一般に、ビームステアリング角度のより高い精度を可能にするが、実装面積、コスト、および消費電力の増大を伴う。

【0037】

4. エネルギー変換器ベースの多素子アンテナアレイ

本発明の実施形態は、以下で説明されるエネルギー変換器ベースの多素子アンテナアレイを提示する。実施形態では、多素子アンテナアレイは電子的に可動である。

【0038】

図5は、本発明の実施形態によるエネルギー変換器ベースの多素子アンテナアレイ500を示す。図5に示されるように、エネルギー変換器ベースの多素子アンテナアレイ500は複数(N)の信号経路を含み、それぞれがエネルギー変換器ベースの送信器502₁~502_Nおよびアンテナ素子504₁~504_Nを含む。本発明の実施形態によれば、各経路内のエネルギー変換器ベースの送信器502₁~502_Nには、LO414からの基準信号416、ならびに送信(TX)情報、アンテナ素子位相制御情報、および出力電力制御情報が供給される。実施形態では、TX情報、アンテナ素子位相制御情報、および出力電力制御情報は、例えばマイクロプロセッサ、FPGA、デジタル信号プロセッサ、状態機械、またはそれらの組合せ(図5には示されていない)を含み得るデジタル回路および/または混合信号回路から各エネルギー変換器ベースの送信器502₁~502_Nに供給される。

【0039】

したがって、エネルギー変換器ベースの多素子アンテナアレイ実施形態は、各信号経路において、従来の送信器、電力増幅器、および可変移相器(例えば、図4の従来の多素子アンテナアレイ400に使用されている)を単一のエネルギー変換器ベースの送信器と置き換える。エネルギー変換器ベースの多素子アンテナアレイの利点は、サイズに関しての大幅な節減と、消費電力の低減と、多数のRF信号、波形および無線方式を同一のエネルギー変換器ベースの送信器回路で送信する能力と、それぞれのアンテナ素子について高められた位相精度および振幅精度とをとりわけ含む。

【0040】

10

20

30

40

50

加えて、本発明の実施形態は、エネルギー変換器ベースの送信器の様々なレベルの振幅および/または位相制御機構を強化して、多素子アンテナアレイにおける高度に制御可能でもあり高精度でもあるビームステアリングを可能にする。実際に、上述のように、本発明の実施形態によれば、エネルギー変換器ベースの送信器の振幅および/または位相は、エネルギー変換器ベースの送信器の多数の段の1または複数を使用して所与の時間に制御され得る。

【0041】

図6は、本発明の実施形態による、例示的エネルギー変換器ベースの送信器実施態様600を示す。例示的実施態様600に基づく実施形態は、図5の多素子アンテナアレイ500などのエネルギー変換器ベースの多素子アンテナアレイに使用されてよい。図6に示されるように、エネルギー変換器ベースの送信器実施態様600は、ベクトル合成エンジン(VSE)回路602、補間/アンチエイリアスフィルタ回路608、多入力単出力(MISO)オペレータ620、およびデジタル制御電源(DCPS)回路616を含む。

10

【0042】

VSE回路602は、コマンドおよび制御インターフェース506を介してコマンドおよび制御情報を受け取る。実施形態では、コマンドおよび制御情報は、例えばマイクロプロセッサ、FPGA、デジタル信号プロセッサ、状態機械、またはそれらの組合せ(図6には示されていない)を含み得るデジタル回路および/または混合信号回路から供給され、送信(TX)情報、アンテナ素子位相制御情報、および出力電力制御情報を含む。加えて、VSE回路602は、例えばベースバンドプロセッサからデータインターフェースを介してI情報およびQ情報を受け取る。

20

【0043】

VSE回路602は、受け取ったI情報およびQ情報、素子位相、ならびに素子電力制御情報を用いて、振幅制御信号610、位相制御信号612(これらは補間/アンチエイリアスフィルタ回路608によってフィルタリングされる)、およびDCPS制御信号606を生成する。VSE回路602および補間/アンチエイリアスフィルタ回路608は、振幅制御信号610および位相制御信号612をMISOオペレータ620に供給し、またVSE回路は、所望のRF出力波形を所望の振幅および位相で生成するために、DCPS制御信号606をDCPS回路616に供給する。

【0044】

30

振幅制御信号610、位相制御信号612、フィルタ信号および制御インターフェース信号604、ならびにDCPS制御信号606は、単独または様々な組合せで使用されて、MISOオペレータ620の出力信号の振幅および/または位相を制御することができる。具体的には、振幅制御信号610および位相制御信号612は、MISOオペレータ620の様々な段を制御することによって、MISOオペレータ620の出力を制御する。同様に、フィルタ信号および制御インターフェース信号604、ならびにDCPS制御信号606は、それぞれ補間/アンチエイリアスフィルタ回路608の応答を変更することによって、またMISOオペレータおよび出力記憶ネットワーク620に供給される電力量を制御することによって、MISOオペレータ620の出力信号の振幅および/または位相を制御する。

40

【0045】

エネルギー変換器ベースの送信器のさらに詳細な実施態様は、2005年10月24日に出願された特許文献1で現在は特許文献2(整理番号1744.1900006)、2006年8月24日に出願された特許文献3で現在は特許文献4(整理番号1744.2160001)、および2008年9月23日に出願された特許文献5で現在は特許文献6(整理番号1744.2260000)に記載されており、これらの特許文献すべてが参照によりそれらの全体で本明細書に組み込まれる。これらの米国特許に詳述されているように、エネルギー変換器ベースの送信器内の振幅および/または位相制御は、エネルギー変換器ベースの送信器のVSE回路602(デジタル制御または転送機能モジュールとも呼ばれる)、補間/アンチエイリアスフィルタ回路608、MISOオペレータ620

50

(ベクトル変調および出力段を含む)、およびDCPS回路616のうちの少なくとも1つを使用して、任意の所与の時間に適用され得る。振幅および/または位相制御の精度は、上記の米国特許に記載されているように、様々な回路およびシステム特性化、回路および/またはシステム較正、および/またはフィードフォワード(例えば、事前補償)機構および/またはフィードバック(例えば、測定および補正)機構によってさらに支援されてよい。

【0046】

合わせて、本発明の実施形態によれば、エネルギー変換器ベースの送信器の様々なレベルの振幅および/または位相制御機構は、様々な分解能レベル(例えば、精度レベル)を可能にしてエネルギー変換器ベースの送信器の振幅および/または位相を設定するために使用されてよい。さらには、エネルギー変換器ベースの送信器がエネルギー変換器ベースの多素子アンテナアレイに使用される場合、様々なビームステアリング(例えば、指向性)精度レベルが可能にされ得る。例えば、所望のビームステアリング精度に応じて、多素子アンテナアレイの1または複数の(またはそれぞれの)エネルギー変換器ベースの送信器に、振幅/位相制御機構のうちの1または複数が使用されてよい。加えて、それぞれの制御ダイナミックレンジを持つ多数の制御機構を結合することによって、結果として得られるビームステアリング精度レベルは、従来の可変移相器を使用することによって可能なレベルよりも高い再現性レベルと共に、より高い精度を含む。

【0047】

5. MESAベースの多入力多出力(MIMO)アンテナ

多入力多出力(MIMO)アンテナ動作は、「空間多重化」と呼ばれることが多い。空間多重化とは、1または複数の高データレート信号を多数の(かつ場合によって低)データレート信号に分離する技法を指し、これらの信号は次に、異なる送信アンテナを介して同一の周波数またはチャンネルで送信される。送信アンテナが、適度に異なる空間シグネチャを有する(例えばアンテナが、異なる偏波を有する、または異なる平面に存在する)場合、同数の受信アンテナを有する受信器は、並列チャンネルとして多数のデータレート信号を処理することができる。そのようにして空間多重化は、チャンネル容量を大幅に増大させることができる。MIMO動作は、少なくとも2つのアンテナを必要とするが、空間的に分離され得る、實際上可能なだけ多くのアンテナを使用することができる。

【0048】

図7は、例示的MIMO通信システム700を示す。図7に示されるように、例示的MIMO通信システム700は、3つの送信(TX)アンテナA、BおよびCを有するMIMO送信アンテナ702と、3つの受信(RX)アンテナA、BおよびCを有するMIMO受信アンテナ704とを含む。TXアンテナA、BおよびCは、互いに直交する偏波(例えば、X偏波、Y偏波およびZ偏波)を有する。RXアンテナA、BおよびCもまた、互いに直交する偏波(例えば、X偏波、Y偏波およびZ偏波)を有する。加えて、TXアンテナA、BおよびCとRXアンテナA、BおよびCとは、一致する偏波を有するように構成される(例えば、TXアンテナAとRXアンテナAの両方がX偏波を有する)。

【0049】

上述のMIMOアンテナ構成の結果として、所望の空間信号経路がMIMO送信アンテナ702とMIMO受信アンテナ704の間に作り出され得る。例えば、図7に示されるように、3つの空間的に独立した信号経路706A、706B、および706Cが作り出され得る。空間的に独立した信号経路706A、706B、および706Cは、MIMO送信アンテナ702とMIMO受信アンテナ704の間で多数の同時送信が行われることを可能にする。

【0050】

上述のように、本発明の実施形態は、多素子電子式可動アンテナ(MESA)アレイを可能にする。MESAアレイは、アレイのアンテナ素子の相対位相シフトおよび/または振幅を変えることによって、その利得、放射パターン、および/または動作方向を電子的に変化させるように制御され得る。実施形態では、MESAアレイは少なくとも2つのア

10

20

30

40

50

ンテナ素子を含む。

【 0 0 5 1 】

本発明の実施形態によれば、MESAアレイは、MIMO通信システムにさらに使用されてよい。そのようにして実施形態では、MIMO送信アンテナの各TXアンテナは、1または複数のMESAとして実施される。その結果、各TXアンテナは、環境（またはその変化）に応じて、高い性能および/または最適の性能を得るように電子的に構成または再構成されてよい。例えば、各TXアンテナのビーム幅およびビーム方向は、MIMO受信器からのフィードバックに基づいて電子的に変えられてよい。これは、例えば所望の空間多重化を実現するため、MIMO空間経路の数を増加させるため、受信器においてMIMO信号の信号対雑音比を改善するため、および/またはMIMO空間経路間の空間的分離を増大させるために（例えば、情報データレートを向上させる、またはチャネル干渉を補償するために）行われてよい。

10

【 0 0 5 2 】

したがって、本発明の実施形態は、必要に応じて空間多重化システムパラメータを最適化するように構成可能なMESAベースのMIMO送信アンテナを可能にする。さらに、本発明の実施形態によれば、単一のMESAアレイが、MIMO送信/受信アンテナとして動作するように構成されてよい。例えば、実施形態では、MESAアレイの個々の素子は、それから多数のアンテナを作り出すように個別に構成されてよく、その場合、多数のアンテナは、MIMOアンテナを形成するように構成される。

20

【 0 0 5 3 】

6. 例示的实施態様

本発明の実施形態による例示的实施態様が次に提示される。これらの例示的实施態様は、説明の目的のためにのみ提示され、したがって限定するものではない。さらに説明されるように、これらの例示的实施態様は、高精度、高効率マルチモード無線適用例のためのRF電力送信器エンジンを可能にするために、それらの設計において、エネルギー変換器ベースの送信器および/またはエネルギーサンプリングベースの受信器を使用する。エネルギー変換器ベースの送信器およびエネルギーサンプリングベースの受信器の例は、上記の相互参照された米国特許に記載されており、これらは参照によりそれらの全体で本明細書に組み込まれる。例えば、上記の相互参照された米国特許の少なくとも1つに記載されているように、エネルギーサンプリング受信器は、RF波形を復調するための効率的で高度に線形の解決策を提供する。エネルギーサンプリングベースの受信器は、高い感度、大きいダイナミックレンジ、広い瞬時帯域幅、および広い同調範囲を小型の実施態様として提供する。

30

【 0 0 5 4 】

図8は、エネルギー変換器ベースの多素子送信アンテナアレイ、およびエネルギーサンプリングベースの多素子受信アンテナアレイを有する例示的無線デバイス800を示す。無線デバイス800は、例えば、IEEE L帯域（1GHzから2GHz）の通信をサポートすることができる。図8に示されるように、無線デバイス800は、ベースバンドプロセッサ802、マルチパス送信部804、マルチパス受信部806、マイクロプロセッサまたはFPGA（フィールドプログラマブルゲートアレイ）プロセッサ808、送信局発振器（LO）810および受信局発振器（LO）812、ならびに位相および振幅調整/較正受信器経路814を含む。

40

【 0 0 5 5 】

本発明の実施形態によれば、ベースバンドプロセッサ802は送信（TX）情報を送信部804に供給する。TX情報は、リアルタイム同相（I）および直角位相（Q）TX波形データの形とすることができる。加えて実施形態では、ベースバンドプロセッサ802が受信（RX）情報を受信部806から受け取る。RX情報は、リアルタイムIおよびQ波形データの形とすることができる。加えて、ベースバンドプロセッサ802は、FPGAプロセッサ808のマイクロプロセッサ内に見出される制御回路、ソフトウェアおよび/またはファームウェア、ならびにインターフェースを具現化することができる。

50

【 0 0 5 6 】

送信部 8 0 4 は、1 または複数の T X 信号経路（図 8 の例では 4 つ）を含み、それぞれがエネルギー変換器ベースの送信器、および任意選択の T X アンテナ素子を含む。送信部 8 0 4 は、T X 波形データをベースバンドプロセッサ 8 0 2 から受け取る。実施形態では、送信部 8 0 4 は、試験目的で使用される T X 波形メモリを含む。T X 波形メモリは、所望の試験波形をローディングするため、および所望の試験波形に対する無線デバイス 8 0 0 の動作を試験するために使用されてよい。実施形態では、T X 波形メモリは、ベースバンドプロセッサ 8 0 2 によってサポートされていない波形を試験するために使用されてよい。本発明の実施形態によれば、T X 波形データは、各 T X 信号経路の V S E モジュールに供給される。同時に、送信部 8 0 4 は、コマンドおよび制御情報をマイクロプロセッサ / F P G A プロセッサ 8 0 8 から、T X S P I（システムパケットインターフェース）バスを経由して受け取る。T X 局部発振器（L O）8 1 0 は、送信 L O 信号を各 T X 信号経路の M I S O オペレータに供給する。

10

【 0 0 5 7 】

受信部 8 0 6 は、1 または複数の R X 信号経路（図 8 の例では 4 つ）を含み、それぞれが R X アンテナ素子、R X フロントエンドモジュール、補間 / アンチエイリアスフィルタ段、および R X コントローラを含む。R X フロントエンドモジュールは、エネルギーサンプリングベースの受信器を含む。受信部 8 0 6 は、R X 波形データをベースバンドプロセッサ 8 0 2 に供給する。送信部 8 0 4 と同様に、受信部 8 0 6 は、コマンドおよび制御情報をマイクロプロセッサ / F P G A プロセッサ 8 0 8 から、R X S P I バスを経由して受け取る。R X 局部発振器（L O）8 1 2 は、受信 L O を各 R X 信号経路の R X フロントエンドに供給する。

20

【 0 0 5 8 】

マイクロプロセッサ / F P G A プロセッサ 8 0 8 は、無線デバイス 8 0 0 の T X 部 8 0 4 および / または R X 部 8 0 6 を制御するために、例えば、ユーザコンピュータインターフェース 8 1 6 を介してプログラム可能である。本発明の実施形態によれば、マイクロプロセッサ / F P G A プロセッサ 8 0 8 は、アンテナ素子を設定、制御、較正および試験するために使用されてよい。マイクロプロセッサ / F P G A プロセッサ 8 0 8 は、試験波形をダウンロードおよびアップロードするため、および個々のアンテナ素子を制御するために使用されてよいグラフィックユーザインターフェースをサポートすることができる。

30

【 0 0 5 9 】

さらにマイクロプロセッサ / F P G A プロセッサ 8 0 8 は、フィードバック情報を位相および振幅調整 / 較正受信経路 8 1 4 から受け取る。実施形態では、受け取られるフィードバック情報は、位相調整、および T X アンテナ素子の振幅または電力出力に関する情報を含む。

【 0 0 6 0 】

位相および振幅調整 / 較正受信経路 8 1 4 は、T X アンテナ素子を較正するために（例えば、T X アンテナ素子が所望の位相および電力出力で動作することを確実にするために）使用される。実施形態では、位相および振幅調整 / 較正受信経路 8 1 4 は、アンテナ（またはアンテナカプラ）8 1 8 および較正受信器回路を含む。較正受信器回路は、R F 増幅器 8 2 0、周波数ダウンコンバータ 8 2 2、ベースバンド増幅器 8 2 4、補間 / アンチエイリアスフィルタ 8 2 6、およびアナログ - デジタル変換器（A D C）8 2 8 を含む。実施形態では、マイクロプロセッサ / F P G A プロセッサ 8 0 8 によって供給される利得制御信号が、R F 増幅器 8 2 0 の利得を制御する。

40

【 0 0 6 1 】

本発明の実施形態によれば、位相および振幅調整 / 較正受信器経路 8 1 4 は、図 8 に示されたものよりも多いまたは少ない構成要素を含むことができる。例えば、当業者には本明細書の教示に基づいて理解されるように、較正受信器回路は、図 8 に示されたものと異なる方法で実施されてもよい。較正受信器回路のこれらの異なる実施態様は、本明細書に開示された実施形態の趣旨および範囲内にある。

50

【 0 0 6 2 】

図 9 は、本発明の実施形態による位相較正受信経路の例示の実施態様 9 0 0 を示す。

【 0 0 6 3 】

図 9 に示されるように、位相および振幅較正受信経路は、較正受信器アンテナ（またはアンテナカブラ）9 0 8、較正受信器回路 9 1 0、および較正コントローラ 9 1 2 を含む。実施形態では、較正受信経路は、エネルギー変換器ベースの多素子送信アンテナアレイを較正するように機能する。多素子送信アンテナアレイは複数の信号経路を含み、それぞれが V S E 9 0 2₁ ~ 9 0 2₄、M I S O オペレータ 9 0 4₁ ~ 9 0 4₄、および T X アンテナ素子 9 0 6₁ ~ 9 0 6₄ を含む。

【 0 0 6 4 】

T X L O 9 1 4 は、局部発振器（L O）信号を各 M I S O オペレータ 9 0 4₁ ~ 9 0 4₄ ならびに較正受信器回路 9 1 0 に供給する。その結果、T X アンテナ素子 9 0 6₁ ~ 9 0 6₄ から送信された信号が較正受信器回路 9 1 0 で受信され、供給された L O 信号を用いてダウンコンバートされると、D C 信号が生成される。T X アンテナ 9 0 6₁ ~ 9 0 6₄ が較正受信器アンテナ 9 0 8 に対して実質的に等距離にある場合、T X アンテナ 9 0 6₁ ~ 9 0 6₄ が位相較正されると、すべての T X アンテナ 9 0 6₁ ~ 9 0 6₄ に関して実質的に等しい D C 信号値が生成される。言い換えると、T X アンテナ 9 0 6₁ ~ 9 0 6₄ は、実質的に同じ D C 信号値（例えば、所定の値）がすべての T X アンテナに関して生成されることを保証することによって位相較正されてよい（T X アンテナ 9 0 6₁ ~ 9 0 6₄ が較正受信器アンテナ 9 0 8 に対して実質的に等距離にあり、同一の信号が T X アンテナ 9 0 6₁ ~ 9 0 6₄ から送信される場合に）。位相較正に加えて、各アンテナ素子の振幅または電力出力を較正するために、較正コントローラ 9 1 2 および較正受信器回路 9 1 0 が使用されてよい。

【 0 0 6 5 】

当業者には理解されるように、T X アンテナ 9 0 6₁ ~ 9 0 6₄ が較正受信器アンテナ 9 0 8 に対して実質的に等距離にない場合には、T X アンテナ 9 0 6₁ ~ 9 0 6₄ に関してそれぞれ異なる D C 信号値が生じる可能性がある。実施形態では、T X アンテナ 9 0 6₁ ~ 9 0 6₄ それぞれに関して生成された D C 信号値は、それぞれの正規化係数（例えば、T X アンテナ 9 0 6₁ ~ 9 0 6₄ それぞれに関して、較正受信器アンテナ 9 0 8 に対するその相対位置に基づいて決定される）を用いて正規化され、この正規化 D C 信号値は次に、T X アンテナ 9 0 6₁ ~ 9 0 6₄ を較正するために用いられる（例えば、正規化 D C 信号値は、同一の所定値に固定される）。あるいは、実施形態では、生成された D C 信号値は、異なるそれぞれの所定 D C 信号値と比較され、この場合、各所定 D C 信号値は、試験および実験を用いて、それぞれの T X アンテナ 9 0 6₁ ~ 9 0 6₄ について推測的に計算される。この技法は、各アンテナ素子の振幅または電力出力、および位相の両方を較正するのに使用されてよい。

【 0 0 6 6 】

図 1 0 を参照して、図 9 の位相および振幅較正受信経路の動作例が説明される。図 1 0 は、本発明の実施形態による、多素子送信アンテナアレイの送信アンテナ素子を較正する方法の処理流れ図 1 0 0 0 を示す。処理 1 0 0 0 は、一度に 1 つのアンテナ素子、すなわち較正されるアンテナ素子に対して実行される。

【 0 0 6 7 】

処理 1 0 0 0 はステップ 1 0 0 2 で開始し、このステップは、選択された値に較正されるアンテナ素子の位相を設定することを含む。実施形態では、ステップ 1 0 0 2 は、図 9 の較正コントローラ 9 1 2、V S E 9 0 2、および M I S O オペレータ 9 0 4 のうちの 1 または複数を使用して実行される。例えば、アンテナ素子の位相は、基準値に対して 0 度に相当する値に設定されてよい。

【 0 0 6 8 】

ステップ 1 0 0 4 は、選択された値に較正されるアンテナ素子の電力出力を設定することを含む。実施形態では、ステップ 1 0 0 4 は、図 9 の較正コントローラ 9 1 2、V S E

10

20

30

40

50

902、およびMISOオペレータ904のうちの1または複数を使用して実行される。選択される電力出力は、実施形態では、較正されるアンテナ素子の較正受信器アンテナまでの距離に基づいて選択される。

【0069】

ステップ1006は、RF搬送波信号をアンテナ素子から送信することを含む。RF搬送波信号は、選択された位相値および選択された電力出力値で送信される。RF搬送波信号は、任意のRF信号とすることができる。実施形態では、ステップ1006は、図9のVSE902、MISOオペレータ904、およびTXアンテナ素子906のうちの1または複数を使用して実行される。

【0070】

ステップ1008は、送信されたRF搬送波信号を、較正受信器回路を使用して受信することを含む。ステップ1008は、本発明の実施形態によれば、図9の較正受信器回路910によって実行される。実施形態では、ステップ1008は、送信されたRF搬送波信号を、この送信されたRF搬送波信号を生成するために使用された同一のLO信号を使用してダウンコンバートすることを含む。その結果、上述のように、DC信号がステップ1008で生成される。

【0071】

ステップ1010は、較正受信器回路の出力を所望の値、または所望の範囲の値と比較することを含む。実施形態では、ステップ1010は、図9の較正コントローラ912によって実行される。実施形態では、ステップ1010は、ステップ1008で生成されたDC信号を所望の所定DC信号値と比較することを含む。上述のように、所望のDC信号値は、すべてのアンテナに対して同じでよく、または試験および実験を用いてそれぞれのアンテナについて推測的に計算されてよい。実施形態では、較正受信器回路の出力はアナログ信号でもデジタル信号でもよい。

【0072】

ステップ1012は、較正受信器回路の出力が所望の値と等しいかどうか、または所望の値からの規定許容誤差内にあるかどうかを判定することを含む。ステップ1012の結果が「はい」である場合、較正処理1000は、較正されるアンテナ素子に対する較正処理を終了させるステップ1014に進む。処理1000は、もしあれば、別のアンテナ素子に対して繰り返されてよい。そうでなければ、処理1000は、アンテナ素子の位相および/または振幅を調整することを含むステップ1016に進む。実施形態では、ステップ1016は、アンテナ素子の位相および/または振幅を、較正受信器回路の出力と所望の値または所望の範囲の値との比較に基づいて調整することを含む。アンテナ素子の位相および/または振幅は、較正受信器回路の出力を所望の値に近づけるように、また所望の値からの規定許容誤差内に入れるように調整される。

【0073】

上述のように、すべてのTXアンテナ素子が較正受信器アンテナまたはアンテナ結合回路に対して実質的に等距離にある場合、TXアンテナ素子は、実質的に同様の所望の値に対してすべて較正される。しかし、TXアンテナが較正受信器アンテナに対して非対称配置で置かれている場合には、TXアンテナ素子は、それぞれ異なる所望の値に対して較正されなければならないことがある。

【0074】

本明細書に記載された位相および振幅較正技法は、例示の実施態様動作の前に、および/または例示の実施態様動作中に実行されてよい。実施形態では、位相および振幅較正は、設定処理または手続中に、定期的に、または誤りが測定もしくは観測された場合に、(例えば、トランシーバの通常動作に差支えない時間に)行われてよい。

【0075】

図11A~11Dは、本発明の実施形態による多素子電子式可動アンテナ(MESA)の例示的構成を示す。具体的には、図11Aおよび図11Bは、本発明のMESA実施形態の較正受信器アンテナまたはアンテナカプラに対するTXアンテナ素子の例示的配置を

10

20

30

40

50

示す。

【 0 0 7 6 】

図 1 1 A は、本発明の実施形態による例示的 4 素子 M E S A 構成 1 1 0 0 A を示す。例示的構成 1 1 0 0 A は対称配置を有し、T X アンテナ素子 9 0 6₁、9 0 6₂、9 0 6₃、および 9 0 6₄ は、較正受信器アンテナ / カブラ 9 0 8 に対して対称に置かれる。すなわち、T X アンテナ素子 9 0 6₁ ~ 9 0 6₄ は、較正受信器アンテナ / カブラ 9 0 8 に対してペアで等距離にあり、同一の所望の値に対して較正されてよい。

【 0 0 7 7 】

図 1 1 B は、本発明の実施形態による別の例示的 4 素子 M E S A 構成 1 1 0 0 B を示す。例示的構成 1 1 0 0 B は、較正受信器アンテナまたはアンテナカブラ 9 0 8 が各アンテナ素子に対して実質的に等距離にならない配置を有する。具体的には、T X アンテナ素子 9 0 6₁ ~ 9 0 6₄ は、較正受信器アンテナ / カブラ 9 0 8 に対してペアで等距離にない。その代わりに、T X アンテナ素子 9 0 6₁ および 9 0 6₄ は、較正受信器アンテナ / カブラ 9 0 8 に対してペアで等距離にある（しかし、T X アンテナ素子 9 0 6₂ および 9 0 6₃ とは等距離にない）。同様に T X アンテナ素子 9 0 6₂ および 9 0 6₃ は、較正受信器アンテナ / カブラ 9 0 8 に対してペアで等距離にある（しかし、T X アンテナ素子 9 0 6₁ および 9 0 6₄ とは等距離にない）。そのようにして、T X アンテナ素子 9 0 6₁ および 9 0 6₄ は第 1 の所望の値に対して較正されてよく、T X アンテナ素子 9 0 6₂ および 9 0 6₃ は第 2 の所望の値に対して較正されてよく、あるいは、すべてのアンテナ素子がそれぞれ異なる所定の値に対して較正されてもよい。

【 0 0 7 8 】

図 1 1 C は、本発明の実施形態による別の例示的 M E S A 構成 1 1 0 0 C を示す。例示的構成 1 1 0 0 C は、較正受信器アンテナ / カブラ 9 0 8 の周囲に置かれた任意の数の T X アンテナ素子 9 0 6 を含み得る。したがって、その位置および較正受信器アンテナ / カブラ 9 0 8 からの距離に応じて、T X アンテナ素子 9 0 6 は、この構成の 1 または複数の他の T X アンテナ素子と等距離にあってよく、かつ / または対称をなしてよい。

【 0 0 7 9 】

図 1 1 D は、本発明の実施形態による別の例示的 M E S A 構成 1 1 0 0 D を示す。例示的構成 1 1 0 0 D は、1 または複数の較正受信器アンテナ / カブラ 9 0 8 の周囲または付近に置かれた任意の数の T X アンテナ素子 9 0 6 を含み得る。実施形態では、M E S A 構成 1 1 0 0 D の較正は、アンテナ素子 9 0 6 の組を部分組に分割し、部分組の近くに共同設置された追加較正受信器アンテナ / カブラ 9 0 8 を使用して各部分組内のアンテナを較正し、次に、1 または複数の較正受信器アンテナ / カブラ 9 0 8 入力を受け入れるように構成された較正受信器および較正制御回路を使用して部分組を互いに較正することによって、実行される。

【 0 0 8 0 】

実施形態では、部分組を互いに較正することは、各部分組から単一の代表 T X アンテナ素子を選択し、選択された T X アンテナ素子を較正受信器アンテナ / カブラ 9 0 8 を使用して較正し、次に、各代表 T X アンテナ素子の較正結果を、その代表部分組の他のすべてのアンテナ素子に適用することによって行われてよい。実施形態では、この較正技法は、予測可能に特徴づけられたオフセットパラメータを必要とし得る。

【 0 0 8 1 】

本明細書の説明に基づいて、当業者は、受信信号経路内の 1 または複数の素子を較正するのに同様の（上述の）位相および振幅較正技法が使用されてよいことを理解されよう。

【 0 0 8 2 】

7 . 例示的システム

上述の本発明の実施形態は、それだけには限らないが、軍通信適用例、無線地域ネットワーク（W L A N）適用例、セルラ電話適用例（例えば、基地局、ハンドセットなど）、ピコセル適用例、フェムトセル適用例、および自動車適用例を含む様々な通信適用例で使用するのに適している。特に、M E S A ベースの M I M O アンテナ実施形態は、ロングタ

ームエボリューション（LTE）ベースの通信方式（4Gエンハンスドパケット方式（4G Enhanced Packet System）（EPS）標準規格の一部）での使用に適しており、システムのデータスループット、ユーザ容量、および任意の静的または動的環境における性能（例えば、信号対雑音比）を最適化するのに使用されてよい。

【0083】

図12は、本発明の実施形態が実施されてよい例示的移動デバイス通信システム1200を示す。システム1200は、例えば、セルラ電話システム（例えば、無線通信方式の3G、4G、または他の任意の種類）および衛星電話システムとすることができる。セルラ電話1204、1208、1212、および1216は、それぞれトランシーバ1206、1210、1214、および1218を含む。トランシーバ1206、1210、1214、および1218は、それらのセルラ電話それぞれが無線通信媒体（例えば、無線通信方式の3G、4G、または他の任意の種類）を介して基地局1220および1224と通信することを可能にする。基地局1220および1224は、電話ネットワーク1222を介して互いに連絡しており、それぞれトランシーバ1221および1225を含む。本発明の実施形態によれば、トランシーバ1206、1210、1214、1218、1221、および1225は、1または複数のエネルギー変換器ベースの送信器（例えば、図6に関して上述されたもの）、1または複数のMIMOアンテナ（例えば、図7に関して上述されたもの）、エネルギー変換器ベースの多素子送信アンテナアレイおよびエネルギーサンプリングベースの多素子受信アンテナアレイを有する1または複数のトランシーバ（例えば、図8に関して上述されたもの）、またはそれらの組合せを使用して実施される。

10

20

【0084】

本明細書の説明に基づいて、当業者は、他の種類の基地局が上記で論じられたトランシーバを含むことができることを理解されよう。他の種類の基地局は、それだけには限らないが、マクロ基地局（相対的に大きいネットワーク内で作動）、マイクロ基地局（相対的に小さいネットワーク内で作動）、衛星基地局（衛星と一緒に作動）、セルラ基地局（セルラ電話ネットワーク内で作動）、およびデータ通信基地局（コンピュータネットワークへのゲートウェイとして作動）を含む。

【0085】

図12はまた、衛星1226などの衛星を介して通信する衛星電話1290を示す。衛星電話1290はトランシーバ1292を含み、このトランシーバは、1または複数のエネルギー変換器ベースの送信器（例えば、図6に関して上述されたもの）、1または複数のMIMOアンテナ（例えば、図7に関して上述されたもの）、エネルギー変換器ベースの多素子送信アンテナアレイおよびエネルギーサンプリングベースの多素子受信アンテナアレイを有する1または複数のトランシーバ（例えば、図8に関して上述されたもの）、またはそれらの組合せを使用して実施されてよい。

30

【0086】

図12はまた、ハンドセット1293および基地局1296を有するコードレス電話1290を示す。ハンドセット1293および基地局1296はそれぞれ、好ましくは無線リンクを通じて互いに通信するためのトランシーバ1294および1298を含む。トランシーバ1294および1298は、1または複数のエネルギー変換器ベースの送信器（例えば、図6に関して上述されたもの）、1または複数のMIMOアンテナ（例えば、図7に関して上述されたもの）、エネルギー変換器ベースの多素子送信アンテナアレイおよびエネルギーサンプリングベースの多素子受信アンテナアレイを有する1または複数のトランシーバ（例えば、図8に関して上述されたもの）、またはそれらの組合せを使用して好ましくは実施される。

40

【0087】

本発明の実施形態を例えば上記のシステムに組み込む利点は、それだけには限らないが、信号範囲および信号特性改善、通信帯域増大、容量増大、機械的動きを用いない急速アンテナ指向性、および消費電力の低減を含む。付加的な利点は、より小さい形状係数、信

50

頼性向上、再現性向上、電子的に制御されるアンテナ利得、ビーム幅、ビーム形状、ビームステアリング、電子的較正、ならびに電子的信号捕捉および追跡を含む。

【0088】

8. 結び

発明の概要項および要約項ではなく、発明を実施するための形態項は、特許請求の範囲を解釈するために使用されるものであることを理解されたい。発明の概要項および要約項は、本発明者らによって企図された1または複数の、しかし全部ではない本発明の例示的实施形態を記述するものでよく、したがって、本発明および添付の特許請求の範囲を何ら限定するものではない。

【0089】

本発明の実施形態が、特定の機能およびそれらの関係の実施態様を示す機能ビルディングブロックを利用して上記で説明された。これらの機能ビルディングブロックの境界は、本明細書では説明の便宜のために任意に定められた。特定の機能およびそれらの関係が適切に実行される限り、代替の境界が定められてよい。

【0090】

特定の実施形態についての前記の説明は、当技術分野の範囲内の知識を適用することによって他者が、このような特定の実施形態の様々な適用例を必要以上の実験なしで、本発明の一般的概念から逸脱することなく容易に修正すること、および/または適合させることができるような本発明の一般的な性質を完全に明らかにする。したがって、このような適合および修正は、本明細書に提示された教示および指導に基づく、開示された実施形態の均等物の意味および範囲内にあるものである。本明細書の用語または術語は、これら本明細書の用語または術語が当業者により教示および指導に照らして解釈されるような、限定ではなく説明を目的とするものであることを理解されたい。

【0091】

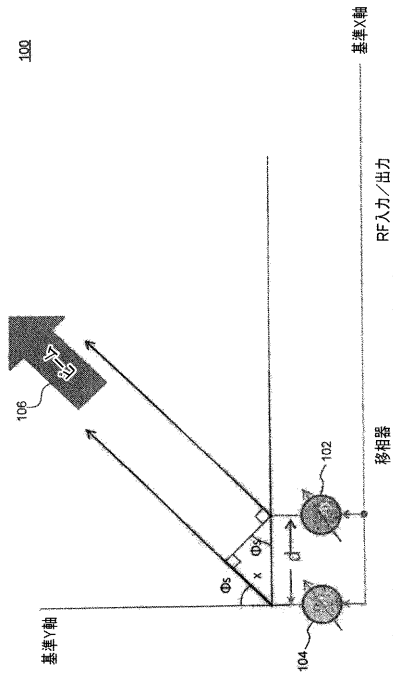
本発明の幅および範囲は、上述の例示的实施形態のいずれによっても限定されるべきではなく、以下の特許請求の範囲およびそれらの均等物によってのみ定義されるべきである。

。

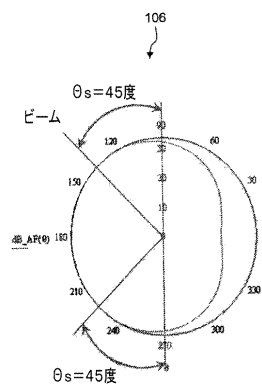
10

20

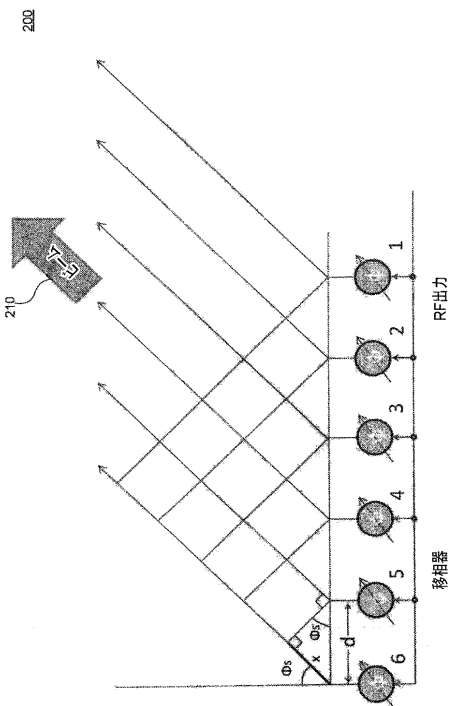
【図1A】



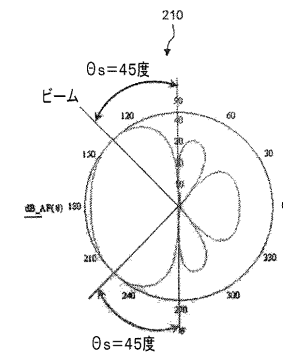
【図1B】



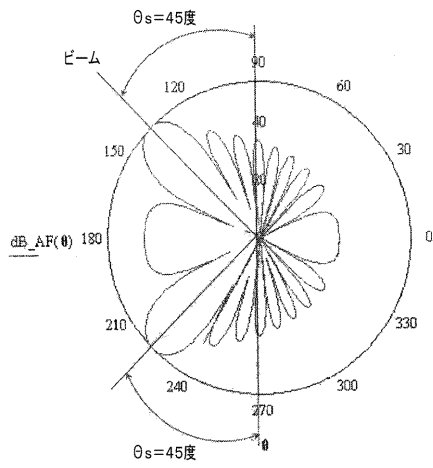
【図2A】



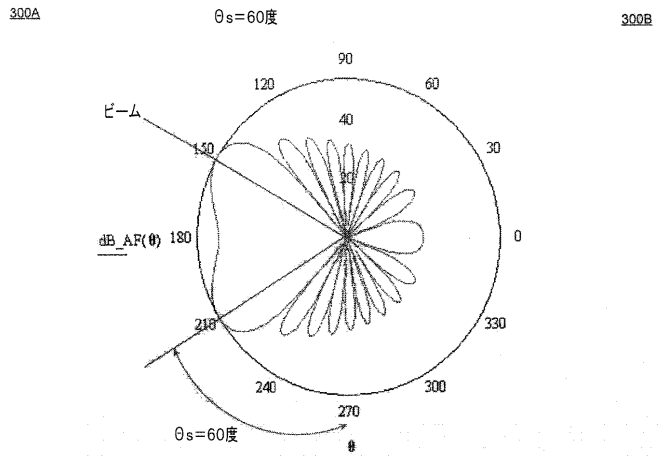
【図2B】



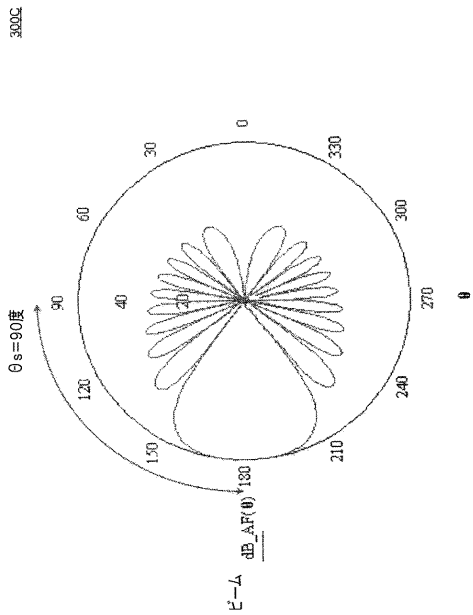
【図3A】



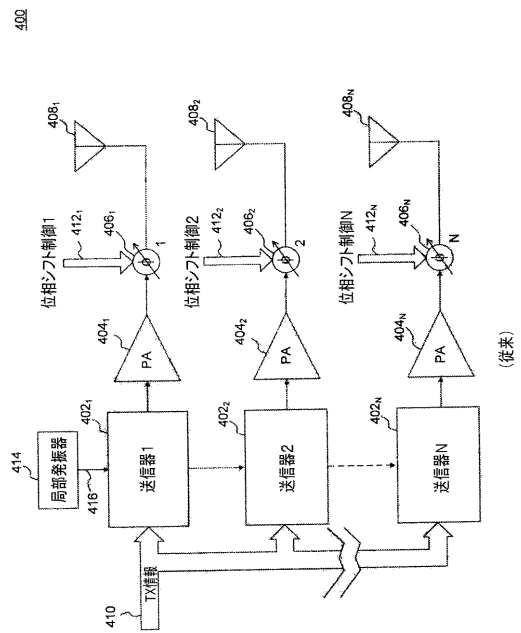
【図3B】



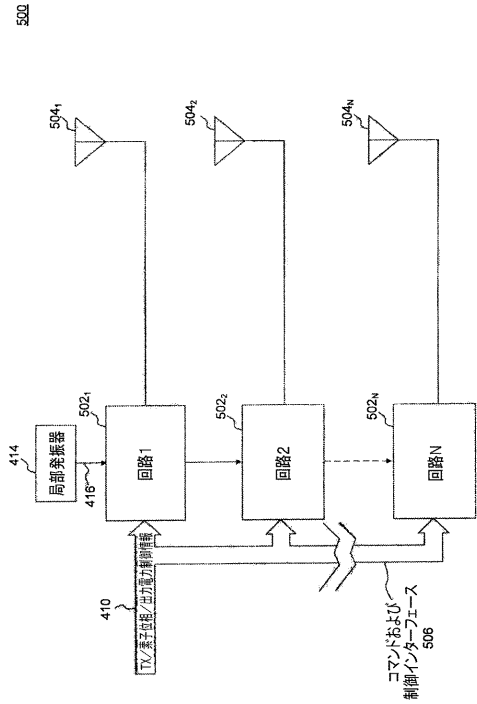
【図3C】



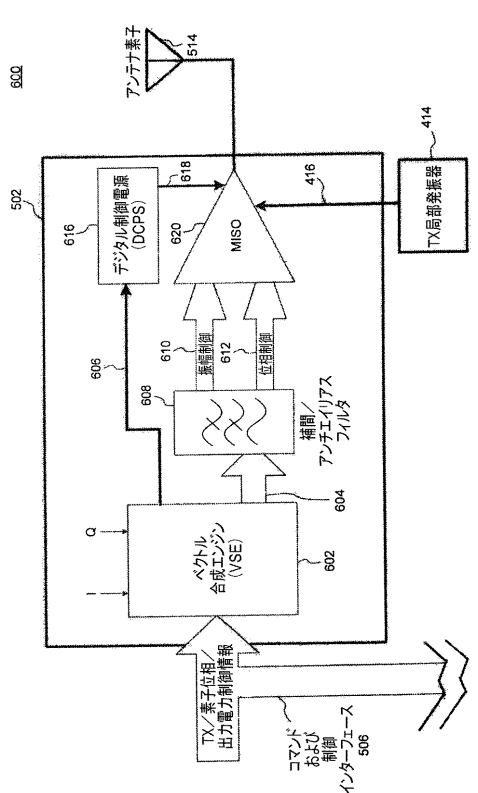
【図4】



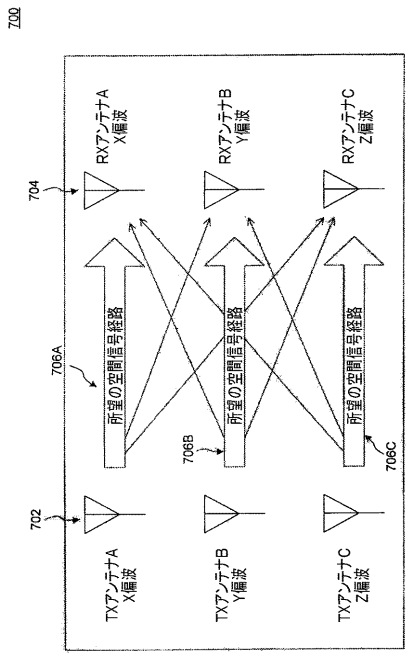
【図 5】



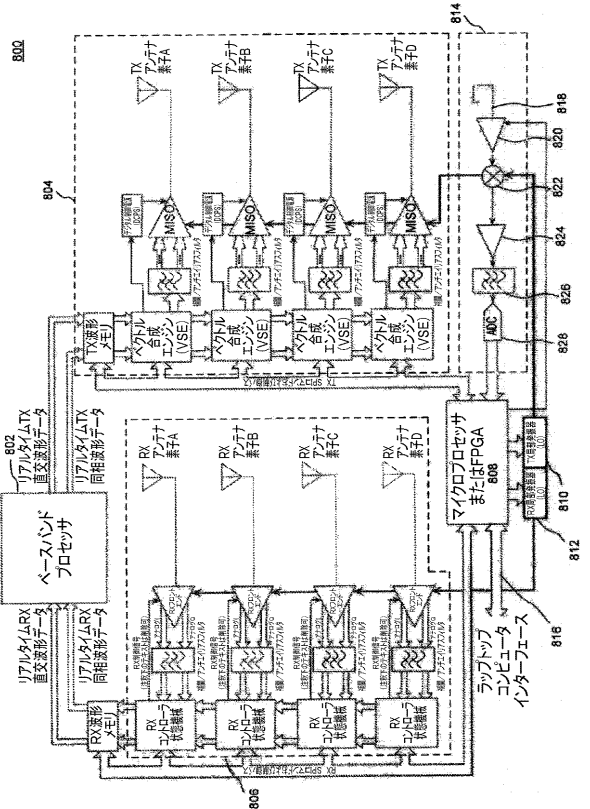
【図 6】



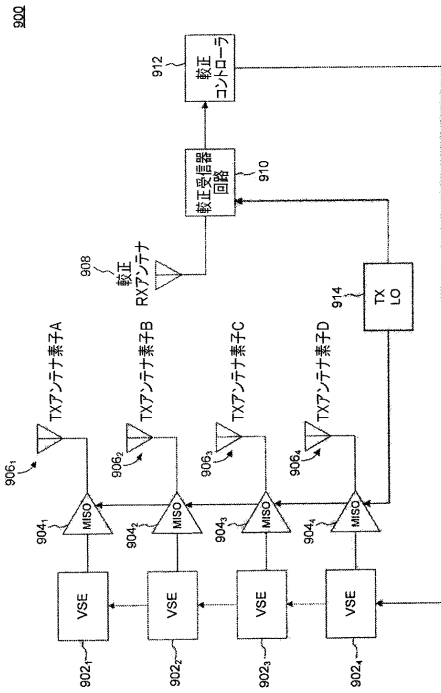
【図 7】



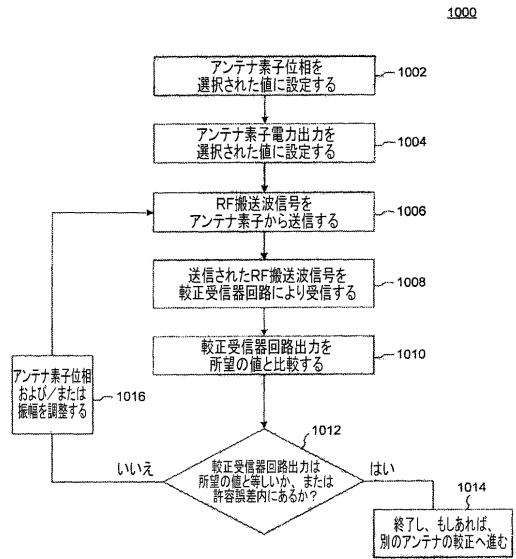
【図 8】



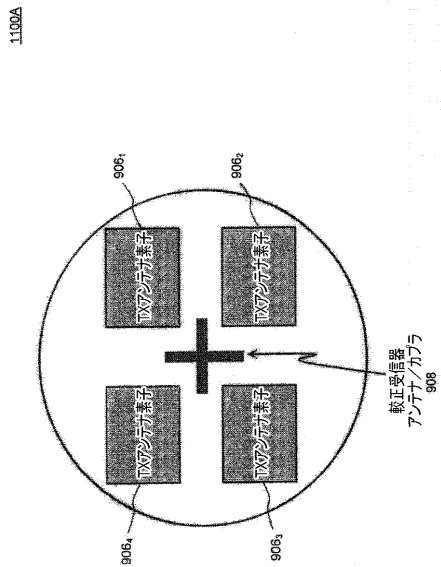
【図9】



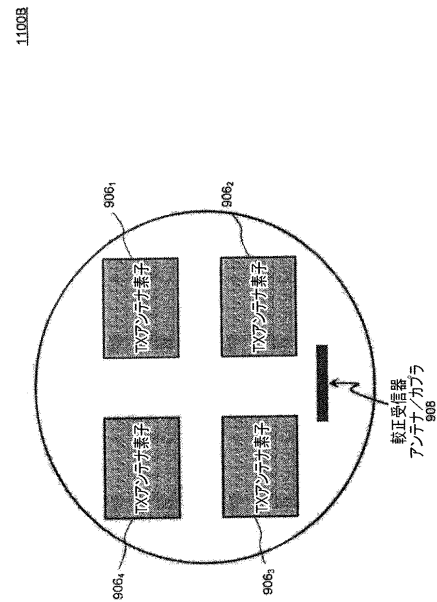
【図10】



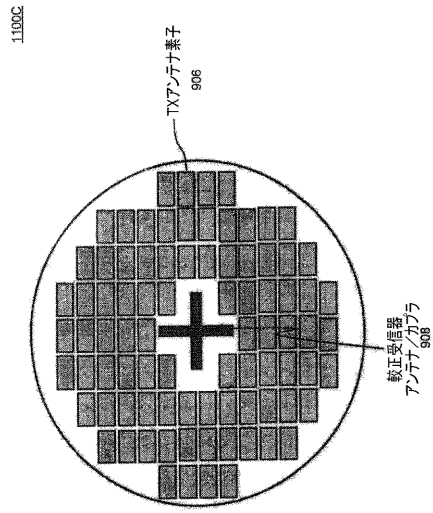
【図11A】



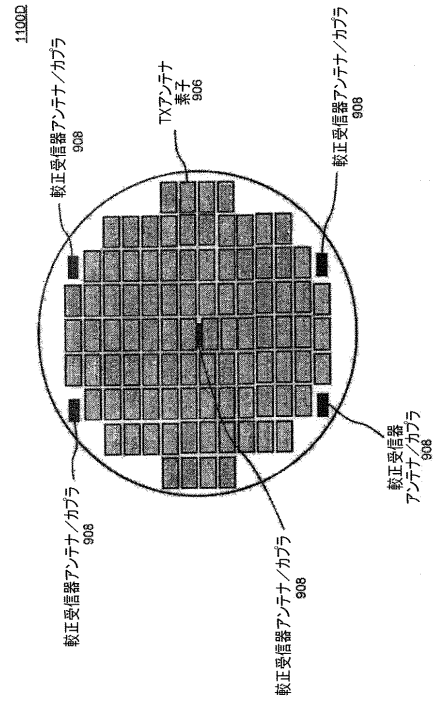
【図11B】



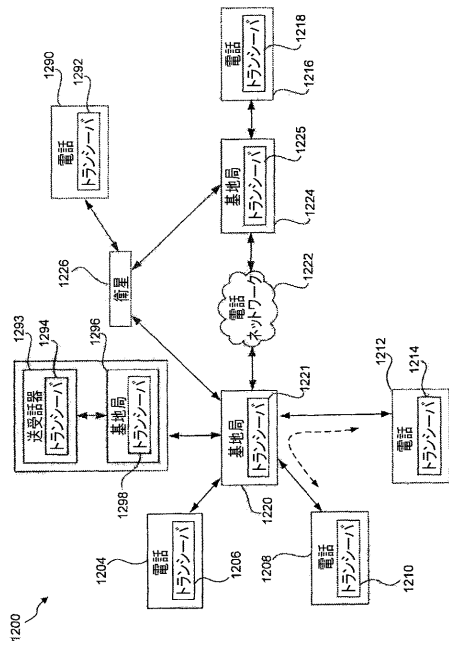
【図 11C】



【図 11D】



【図 12】



フロントページの続き

(72)発明者 グレゴリー エス・ローリングス
アメリカ合衆国 32766 フロリダ州 チュルオタ キングフィッシャー ポイント 302
4

審査官 佐藤 敬介

(56)参考文献 米国特許出願公開第2012/0293252 (US, A1)
特開2009-033250 (JP, A)
特開2001-053527 (JP, A)
特開2002-368664 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B	1/04
H01Q	3/26
H04B	7/0413
H04B	7/06
H04J	11/00