

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5785389号  
(P5785389)

(45) 発行日 平成27年9月30日 (2015. 9. 30)

(24) 登録日 平成27年7月31日 (2015. 7. 31)

(51) Int. Cl.	F I	
HO 4 J 99/00 (2009. 01)	HO 4 J 15/00	
HO 4 B 7/04 (2006. 01)	HO 4 B 7/04	
HO 4 B 7/10 (2006. 01)	HO 4 B 7/10	A
HO 4 B 7/06 (2006. 01)	HO 4 B 7/06	

請求項の数 9 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2010-275708 (P2010-275708)	(73) 特許権者	000005049
(22) 出願日	平成22年12月10日 (2010. 12. 10)		シャープ株式会社
(65) 公開番号	特開2012-124820 (P2012-124820A)		大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
(43) 公開日	平成24年6月28日 (2012. 6. 28)	(72) 発明者	中野 博史
審査請求日	平成25年12月6日 (2013. 12. 6)		大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
前置審査			シャープ株式会社内
		(72) 発明者	小野寺 毅
			大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
			シャープ株式会社内
		(72) 発明者	留場 宏道
			大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
			シャープ株式会社内
		(72) 発明者	ルイズデルガド アルバロ
			大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
			シャープ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信装置、通信システム、通信方法、及びプロセッサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のアンテナを持つ第一の通信装置であって、

第二の通信装置から通知される、第二の通信装置からの信号の到来角の情報と補正情報とに基づいて、前記第二の通信装置の伝搬路状態を算出する伝搬路状態算出部を有することを特徴とする第一の通信装置。

【請求項 2】

前記補正情報は、前記到来角に基づいて決まる応答ベクトルと前記伝搬路状態との間の誤差に基づく情報を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の第一の通信装置。

【請求項 3】

前記伝搬路状態算出部は、  
 前記到来角を取得する到来角取得部と、  
 前記到来角に基づいて、前記第一の通信装置と前記第二の通信装置の間の伝搬路に対応する応答ベクトルを算出する第一応答ベクトル算出部と、  
 前記補正情報を取得する補正情報取得部と、  
 前記補正情報と前記到来角に基づいて新たな応答ベクトルを算出する第二応答ベクトル算出部と、  
 を有することを特徴とする請求項 2 に記載の第一の通信装置。

【請求項 4】

前記第二応答ベクトル算出部は、

前記到来角に基づいて、一次誤差ベクトルを算出し、前記第一応答ベクトル算出部で算出した応答ベクトルに、少なくとも、前記補正情報を前記一次誤差ベクトルに乗算したベクトルを加算することを特徴とする請求項3に記載の第一の通信装置。

【請求項5】

複数のアンテナを持つ第一の通信装置と通信する第二の通信装置であって、前記第一の通信装置における、前記第二の通信装置からの信号の到来角に基づいて補正情報を生成するフィードバック情報生成部と、

前記補正情報と、前記到来角を示す情報を前記第一の通信装置に通知する送信部とを有することを特徴とする第二の通信装置。

【請求項6】

前記補正情報は、前記到来角に基づいて決まる応答ベクトルと、前記第一の通信装置と前記第二の通信装置との間の伝搬路状態との誤差に基づく情報を含むことを特徴とする請求項5に記載の第二の通信装置。

【請求項7】

前記フィードバック情報生成部は、

前記到来角を取得する到来角取得部と、

前記到来角に基づいて、前記伝搬路状態に対応する応答ベクトルを算出する第一応答ベクトル算出部と、

前記第一応答ベクトル算出部で算出した前記応答ベクトルと、前記伝搬路状態からの誤差を算出する残留誤差算出部と、

前記到来角に基づいて一次誤差ベクトルを算出する一次誤差ベクトル算出部と、

前記残留誤差算出部と前記一次誤差ベクトル算出部とに基づいて一次係数を算出する一次係数算出部と、

前記一次係数に基づいて前記補正情報を生成する補正情報生成部と、

を有することを特徴とする請求項6に記載の第二の通信装置。

【請求項8】

複数のアンテナを持つ第一の通信装置におけるプロセッサであって、

第二の通信装置から通知される、前記第一の通信装置における前記第二の通信装置からの信号の到来角の情報と補正情報とに基づいて前記第二の通信装置の伝搬路状態を算出する伝搬路状態算出部を有することを特徴とするプロセッサ。

【請求項9】

複数のアンテナを持つ第一の通信装置と通信する第二の通信装置におけるプロセッサであって、

前記第一の通信装置における前記第二の通信装置からの信号の到来角の情報と、前記到来角に基づいて決まる補正情報を前記第一の通信装置に通知する送信部を有することを特徴とするプロセッサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、通信装置、通信システム、通信方法、及びプロセッサに関する。

【背景技術】

【0002】

< MU - MIMO >

基地局装置が、複数のアンテナを用いて、複数の端末装置に対して、同一時刻・同一周波数で信号を送信する技術を、Multi - User Multi Input Multi Output (MU - MIMO) という (非特許文献1参照)。基地局装置が、複数の端末装置に対して、同一時刻・同一周波数で信号を送信すると、各端末装置は、他の端末装置宛の信号を干渉として受信してしまう。この干渉をユーザ間干渉 (Multi - User Interference : MUI) という。MU - MIMOは、このMUIをあらかじめ基地局装置で除去することで、各端末装置にMUIの無い信号を送信する。

10

20

30

40

50

### < ビームフォーミング >

MU-MIMOの中で、広く研究がされているものとしてビームフォーミングという技術がある。図1はビームフォーミングによる通信システムを示した図である。基地局装置100は、平行かつ等間隔に並べられたアンテナ（線形アレーアンテナ）を用いることで、異なる複数の角度に同時に信号を送信する。そのため、基地局装置100は端末装置200と端末装置300の方向を把握するだけで、複数の端末装置200と端末装置300とを多重できる。

#### 【0003】

基地局装置100が端末装置200及び端末装置300の方向を知る方法は2つある。1つは、端末装置が送信したサウンディング信号を用いて推定する方法である（特許文献1参照）。もう1つは、基地局装置100が端末装置200から到来角の通知を受ける方法である。

10

#### 【0004】

この各端末装置の「方向」は、端末装置からの信号が基地局装置100に到達する角度という意味で「到来角」を用いて表す。図2に到来角の定義を示す。到来角は、基地局装置の平行に並んだアンテナを通る直線と直交に交わる線からの角度であり、図2においては、端末装置200が到来角 $\theta_1$ 、端末装置300が到来角 $\theta_2$ を持つ。

#### 【0005】

### < 到来角通知方法 Codebook >

LTE-Advanced (Long Term Evolution-Advanced) (Release 10)で、端末装置が到来角を通知する方法が提案されている（非特許文献2参照）。

20

#### 【0006】

LTE-Advancedでは、端末装置が到来角を通知するために、コードブックを用いる。コードブックとは、基地局装置と端末装置があらかじめ共有しておくプレコーディングベクトルの候補のことである。端末装置は、コードブックの中のプレコーディングベクトルを示す番号を通知するだけで、自端末装置が要求するプレコーディングベクトルを基地局装置に通知できる。

#### 【0007】

ここで、コードブックが、離散フーリエ変換行列 (Discrete Fourier Transform Matrix: DFT行列) の各列に相当するプレコーディングベクトルを持っている場合、各プレコーディングベクトルは、端末装置の到来角に対応する。例えば線形アレーアンテナが半波長の間隔で配置されている4本のアンテナで構成されている場合、基地局装置と端末装置間の伝搬路は、

30

$$A[1 \exp(-j \sin \theta) \exp(-2j \sin \theta) \exp(-3j \sin \theta)]^T \quad (1)$$

と表される。ここでAは任意の複素数、 $\theta$ は端末装置の到来角、jは虚数単位であり、tは転置を表す。 $\theta$ が $-\pi/2$ から $\pi/2$ の範囲で動くことにより式(1)が変化する。そのうち特定の角度（例えば $\theta = 0, \pm \pi/2, \pm \pi$ ）のときに4×4のDFT行列の列と等しくなる。すなわち、端末装置が、DFT行列の各列のうちいずれか一つを示す番号を基地局装置に通知することは、式(1)によって対応づけられる到来角を基地局装置に通知することと等価である。

40

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0008】

【特許文献1】WO2006/067833号公報

【特許文献2】特表2002-513940号公報

#### 【非特許文献】

#### 【0009】

【非特許文献1】Q. H. Spencer他, "A Introduction to the Multi-User MIMO Downlink," IEEE Commu

50

n . M a g . , V o l . 4 2 , N o . 1 0 , p p . 6 0 - 7 0 , O c t . 2 0 0 4

【非特許文献2】H . T o n g 他 , “ C o d e b o o k D e s i g n f o r 3 G P P L T E - A d v a n c e d , ” 信学技法 , R C S 2 0 1 0 - 5 6 , p p . 4 7 - 5 2 , J u l y 2 0 1 0

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかし、実際は、基地局装置と端末装置間の伝搬路は1つとは限らず、異なる到来角を持つ複数の伝搬路が混ざった状態となる。そのため、基地局装置が到来角を把握する従来の方法では、基地局装置が正確に伝搬路状態を把握できない。図3に複数の伝搬路が存在する状況の一例を示す。端末装置200から送信された信号は、ビルなどの散乱体400及び散乱体500に反射して基地局装置100に受信される。このときに、基地局装置100から見れば、信号が散乱体400や散乱体500の方向（到来角11や到来角12）から到来するため、端末装置200からの直達波（到来角13）と到来角が異なる。つまり、到来角が有る程度の広がりを持つことになる。この到来角の広がりを「角度広がり」という。

10

【0011】

この角度広がりがある場合は、基地局装置が到来角を1つ取得したとしても、基地局装置が正しい伝搬路状態を把握することができない。また、端末装置・基地局装置どちらにおいても、全パスの到来角を誤差無く把握することは難しい。特に、端末装置または基地局装置において、アンテナ数よりも多い数の伝搬路が存在する場合は、各伝搬路を分離することができず、正しく伝搬路を把握することが不可能である。また、端末装置の方向が1つに定まらないのでビームフォーミングを用いることもできない。

20

【0012】

そこで、本発明では、複数の伝搬路が存在する環境においても、基地局装置が、最小限の制御情報で、基地局装置 - 端末装置間の正確に伝搬路状態を把握することを可能にし、ひいてはMU - MIMOの特性向上により周波数利用効率改善に寄与する通信装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明による通信装置は、複数のアンテナを持つ通信装置であって、他の通信装置からの信号の到来角と前記他の通信装置が通知する補正情報とに基づいて、前記他の通信装置の伝搬路状態を算出する伝搬路状態算出部を有することを特徴とする。

30

【0014】

前記補正情報は、角度広がりによる誤差を補正する情報を含んでもよい。

前記補正情報は、前記到来角に基づいて決まる応答ベクトルに含まれる誤差に基づく情報を含んでもよい。

【0015】

前記補正情報は、前記到来角に基づいて決まる一次誤差ベクトルの係数を含んでもよい。

40

前記伝搬路状態算出部は、前記到来角を取得する到来角取得部と、前記到来角に基づいて、当該通信装置と前記他の通信装置の間の伝搬路に対応する応答ベクトルを算出する第一応答ベクトル算出部と、前記補正情報を取得する補正情報取得部と、前記補正情報と前記到来角に基づいて新たな応答ベクトルを算出する第二応答ベクトル算出部と、を有してもよい。

【0016】

前記第二応答ベクトル算出部で算出する応答ベクトルは、前記第一応答ベクトル算出部で算出した応答ベクトルに、少なくとも、前記係数と前記一次誤差ベクトルを乗算したベクトルを加算して算出してもよい。

【0017】

50

前記補正情報は、前記到来角に基づいて決まる一つ以上の誤差ベクトルのそれぞれに対応する係数を含んでもよい。

【0018】

前記第二応答ベクトル算出部は、前記第一応答ベクトル算出部で算出した応答ベクトルに、前記誤差ベクトルと各々対応する係数を乗算したベクトルを全て加算して応答ベクトルを算出してもよい。

【0019】

前記到来角取得部は、前記他の通信装置が送信したサウンディング信号に基づいて到来角を推定してもよい。

【0020】

前記到来角取得部は、前記他の通信装置が通知した到来角情報から到来角を取得してもよい。

【0021】

本発明による他の通信装置は、複数のアンテナを持つ他の通信装置と通信する通信装置であって、前記他の通信装置における前記他の通信装置の到来角に基づいて補正情報を生成するフィードバック情報生成部と、前記補正情報を前記他の通信装置に通知する送信部とを有することを特徴とする。

【0022】

前記補正情報は、角度広がりによる誤差を補正する情報を含んでもよい。

前記補正情報は、前記到来角に基づいて決まる応答ベクトルに含まれる誤差に基づく情報を含んでもよい。

前記補正情報は、前記到来角に基づいて決まる一次誤差ベクトルの係数を含んでもよい。

【0023】

前記フィードバック情報生成部は、前記到来角を取得する到来角取得部と、前記到来角に基づいて、前記他の通信装置と当該通信装置の間の伝搬路に対応する応答ベクトルを算出する第一応答ベクトル算出部と、前記第一応答ベクトル算出部で算出した前記応答ベクトルの前記他の通信装置と当該通信装置の間の伝搬路からの誤差を算出する残留誤差算出部と、前記到来角に基づいて一次誤差ベクトルを算出する一次誤差ベクトル算出部と、前記残留誤差算出部と前記一次誤差ベクトル算出部とに基づいて一次係数を算出する一次係数算出部と、前記一次係数に基づいて前記補正情報を生成する補正情報生成部と、を有してもよい。

【0024】

前記フィードバック情報生成部は、前記到来角を取得する到来角取得部と、前記到来角に基づいて、前記他の通信装置と当該通信装置の間の伝搬路に対応する応答ベクトルを算出する第一応答ベクトル算出部と、前記第一応答ベクトル算出部で算出した前記応答ベクトルの前記他の通信装置と当該通信装置の間の伝搬路からの誤差を算出する残留誤差算出部と、前記到来角に基づいて一つ以上の誤差ベクトルを算出する誤差ベクトル算出部と、前記残留誤差算出部と前記誤差ベクトル算出部とに基づいて各誤差ベクトルに対応する係数を算出する係数算出部と、前記係数に基づいて前記補正情報を生成する補正情報生成部と、を有してもよい。

【0025】

本発明による通信システムは、複数のアンテナを持つ第一の通信装置と、一つ以上の第二の通信装置からなる通信システムであって、前記第二の通信装置の少なくとも一部は、前記第一の通信装置における前記第二の通信装置の到来角に基づいて決まる補正情報を前記第一の通信装置に通知する送信部を有し、前記第一の通信装置は、前記到来角と前記補正情報とに基づいて前記第二の通信装置の伝搬路状態を算出する伝搬路状態算出部を有することを特徴とする。

【0026】

本発明による通信方法は、複数のアンテナを持つ通信装置における通信方法であって、

10

20

30

40

50

他の通信装置からの信号の到来角と前記他の通信装置が通知する補正情報とに基づいて前記他の通信装置の伝搬路状態を算出するステップを有することを特徴とする。

【 0 0 2 7 】

本発明による他の通信方法は、複数のアンテナを持つ他の通信装置と通信する通信装置における通信方法であって、前記他の通信装置における当該通信装置の到来角に基づいて決まる補正情報を前記他の通信装置に通知するステップを有することを特徴とする。

【 0 0 2 8 】

本発明によるプロセッサは、複数のアンテナを持つ通信装置におけるプロセッサであって、他の通信装置からの信号の到来角と前記他の通信装置が通知する補正情報とに基づいて前記他の通信装置の伝搬路状態を算出する伝搬路状態算出部を有することを特徴とする。

10

【 0 0 2 9 】

本発明による他のプロセッサは、複数のアンテナを持つ他の通信装置と通信する通信装置におけるプロセッサであって、前記他の通信装置における当該通信装置の到来角に基づいて決まる補正情報を前記他の通信装置に通知する送信部を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 3 0 】

本発明によれば、複数の伝搬路が存在する環境においても、基地局装置が、最小限の制御情報で、基地局装置 - 端末装置間の伝搬路状態を正確に把握することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

20

【 0 0 3 1 】

【図 1】ビームフォーミングによる通信システムを示す図である。

【図 2】到来角の定義を示す図である。

【図 3】複数の伝搬路が存在する状況の一例を示す図である。

【図 4】第 1 の実施形態における通信システムのシーケンス図である。

【図 5】第 1 の実施形態における基地局装置の構成の一例を示すブロック図である。

【図 6】第 1 の実施形態における固有信号の構成の一例を示す図である。

【図 7】第 1 の実施形態におけるフレームの構成の一例を示す図である。

【図 8】第 1 の実施形態における端末装置の構成の一例を示すブロック図である。

【図 9】第 1 の実施形態におけるフィードバック情報生成部の構成の一例を示すブロック図である。

30

【図 10】第 1 の実施形態における伝搬路状態算出部の構成の一例を示すブロック図である。

【図 11】第二応答ベクトル算出部の構成の一例を示すブロック図である。

【図 12】第 1 の変形例における通信システムのシーケンス図である。

【図 13】第 1 の変形例における端末装置の構成の一例を示すブロック図である。

【図 14】第 1 の変形例におけるフィードバック情報生成部の構成の一例を示すブロック図である。

【図 15】第 1 の変形例における伝搬路状態算出部の構成の一例を示すブロック図である。

40

【図 16】第 2 の実施形態におけるフィードバック情報生成部の構成の一例を示すブロック図である。

【図 17】第 2 の実施形態におけるフィードバック情報生成部の動作を示すフローチャートである。

【図 18】第 2 の実施形態の変形例におけるフィードバック情報生成部の構成の一例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 2 】

< 第 1 の実施形態 >

本発明は、「角度広がりによって生じた誤差を補正する情報（補正情報）」を端末装置

50

から通知することにより、基地局装置が有する伝搬路状態の誤差を低減する技術である。本実施形態では、基地局装置が、平行かつ等間隔に並んだ送信アンテナ（線形アレーアンテナ）を用いて信号を送信する場合について説明する。

#### 【0033】

図4は、本実施形態における通信システムのシーケンス図である。図1に示したように端末装置200と端末装置300を基地局装置100が多重するとする。まず、端末装置200及び300は、サウンディング信号を送信する。基地局装置100は、そのサウンディング信号を用いて到来角を推定する。その後、基地局装置100は、端末装置200及び端末装置300に共通参照信号（Common Reference Signal：CRS）を送信する。各端末装置はCRSに基づいて伝搬路状態を推定し、その推定結果から到来角と角度広がり誤差を補正する補正情報を算出する。端末装置200及び端末装置300は、補正情報を基地局装置に通知する。基地局装置は、各端末装置のサウンディング信号から推定した到来角と、補正情報に基づいて、各端末装置の伝搬路状態を表すベクトルを算出し、各端末装置の信号に対してプレコーディングを適用する。その後、基地局装置は、復調参照信号（DeModulation Reference Signal：DMRS）及びデータ信号を各端末装置に送信する。各端末装置は復調参照信号（DeModulation Reference Signal：DMRS）からデータ信号が通る実効伝搬路を推定し、端末装置200及び端末装置300は、自端末装置宛のデータ信号を検出する。

#### 【0034】

以降、基地局装置と端末装置の構成を示す。その後、本実施形態の特徴部分である伝搬路状態算出部、及びフィードバック情報生成部について詳細に説明する。

#### 【0035】

図5は、本実施形態における基地局装置の構成の一例を示すブロック図である。基地局装置は、符号部 $11_1 \sim 11_n$ と、変調部 $12_1 \sim 12_n$ と、固有信号構成部13と、DMRS生成部14と、受信部 $15_1 \sim 15_n$ と、アンテナ $16_1 \sim 16_n$ と、ガードインターバル（Guard Interval：GI）除去部 $17_1 \sim 17_n$ と、FFT部 $18_1 \sim 18_n$ と、伝送路状態算出部19と、フィルタ算出部20と、プレコーディング部21と、フレーム構成部22と、CRS生成部23と、IFFT部 $24_1 \sim 24_n$ と、GI挿入部 $25_1 \sim 25_n$ と、送信部 $26_1 \sim 26_n$ とを備える。

#### 【0036】

符号部 $11_1 \sim 11_n$ は、各端末装置宛の情報ビットを誤り訂正符号化し、各端末装置宛の符号化ビットを変調部 $12_1 \sim 12_n$ に入力する。変調部 $12_1 \sim 12_n$ は入力された各端末装置宛の符号化ビットを変調し、各端末装置宛のデータ信号（変調信号）を生成する。各端末装置宛のデータ信号を生成した変調部 $12_1 \sim 12_n$ は、固有信号構成部13にデータ信号を入力する。またDMRS生成部14は各端末装置宛のDMRSを生成して、固有信号構成部13にDMRSを入力する。固有信号構成部13は、変調信号とDMRSを用いて、各端末装置宛の固有信号を構成する。

#### 【0037】

受信部は $15_1 \sim 15_n$ 、アンテナ $16_1 \sim 16_n$ を介して、各端末装置から送信される伝搬路状態情報を含む信号を受信し、伝搬路状態情報を含む信号をダウンコンバージョンしてベースバンドデジタル信号を生成後、GI除去部 $17_1 \sim 17_n$ に、当該ベースバンドデジタル信号を入力する。GI除去部 $17_1 \sim 17_n$ は、ベースバンドデジタル信号からGIを除去し、FFT部 $18_1 \sim 18_n$ に入力する。FFT部 $18_1 \sim 18_n$ はGIが除去されたベースバンドデジタル信号に対してFFTを行い、周波数領域の信号を算出した後、当該周波数領域の信号を伝搬路状態算出部19に入力する。伝搬路状態算出部19は当該周波数領域の信号から伝搬路行列を生成し、フィルタ算出部20に入力する。

#### 【0038】

ここで、伝搬路行列は、空間多重する全端末装置の伝搬路状態を行列で表したものである。空間多重する端末装置の数を $n$ とし、基地局装置のアンテナ数を $m$ 、端末装置のアン

10

20

30

40

50

テナ数を 1 とすると、伝搬路行列は、 $n$  行  $m$  列の行列となる。各要素は、基地局装置の 1 つのアンテナと 1 つの端末装置との間の伝搬路利得を示す。伝搬路状態算出部の動作については後述する。

#### 【0039】

フィルタ算出部 20 は、伝搬路状態情報に基づいて線形フィルタを算出し、プレコーディング部 21 に入力する。ここで、フィルタ算出部 20 は、ZF (Zero Forcing) 規範に基づいて伝搬路行列の逆行列を線形フィルタとして出力しても良いし、最小平均二乗誤差 (Minimum Mean Squared Error: MMSE) 規範で、線形フィルタを算出して良い。またプレコーディング部 21 は、上述のような ZF フィルタや MMSE フィルタのみを用いるいわゆる線形プレコーディングでも良いが、非線形プレコーディングでもよい。非線形プレコーディングは、例えば、Tomlinson Harashima Precoding (THP)、Lattice Reduction Aided-THP、又は Vector Perturbation が挙げられる。

#### 【0040】

プレコーディング部 21 は、端末装置宛の固有信号に線形フィルタを乗算してプレコーディングを行い、各アンテナ 16<sub>1</sub> ~ 16<sub>n</sub> から送信する信号を生成し、フレーム構成部 22 に入力する。

#### 【0041】

CRS 生成部 23 は各アンテナに対応する共通参照信号 (Common Reference Signals: CRS) を生成して、フレーム構成部 22 に入力する。フレーム構成部 22 は、プレコーディング部 21 から入力された各アンテナ 16<sub>1</sub> ~ 16<sub>n</sub> から送信する信号若しくは各アンテナ 16<sub>1</sub> ~ 16<sub>n</sub> に対応する CRS 又はその両方を用いて、各アンテナ 16<sub>1</sub> ~ 16<sub>n</sub> で送信するフレームを生成し、各アンテナ 16<sub>1</sub> ~ 16<sub>n</sub> に対応する IFFT 部 24<sub>1</sub> ~ 24<sub>n</sub> に入力する。IFFT 部 24<sub>1</sub> ~ 24<sub>n</sub> は、入力されたフレームに対して IFFT を行い、ベースバンドデジタル信号を生成して、GI 挿入部 25<sub>1</sub> ~ 25<sub>n</sub> にベースバンドデジタル信号を入力する。GI 挿入部 25<sub>1</sub> ~ 25<sub>n</sub> は、ベースバンドデジタル信号に対し、GI を付加し、GI が付加された信号を送信部 26<sub>1</sub> ~ 26<sub>n</sub> に入力する。送信部は、入力された信号に対してデジタル/アナログ変換を行い、アップコンバージョンし、搬送波周波数の信号を生成して、アンテナ 16<sub>1</sub> ~ 16<sub>n</sub> を介して端末装置に当該搬送波周波数の信号を送信する。

#### 【0042】

図 6 に本実施形態における固有信号の構成の一例を示す。固有信号は、端末装置の数だけ ( $n$  個とする) 存在し、それぞれが、各端末装置に固有の DMRS とデータ信号で構成されている。図 6 は、同一周波数で送信する固有信号を、時間をそろえて図示している。基地局装置は、各端末装置宛の DMRS (DMRS-MS1, DMRS-MS2, . . . , DMRS-MS<sub>n</sub>) を、お互いに異なる時間に送信し、DMRS とデータ信号を同時に送信しない。また、基地局装置は、全端末装置宛のデータ信号を全て同時に送信する。図 6 では、全端末装置宛の DMRS を送信した後にデータ信号を送信しているが、データ信号を送る時刻と DMRS を送信する時刻は、入れ替えても良いし、信号 (図 6 で「データ信号」「DMRS-MS1」など長方形で示した各部分。) 毎に交互に配置しても良いし、どのような順番でもよい。

#### 【0043】

図 7 に本実施形態におけるフレームの構成の一例を示す。フレームは、基地局装置のアンテナ数  $n$  (= 端末装置の数) 個存在し、それぞれが、各アンテナで送信するフレームである。図 7 は、図 6 と同様に同一周波数で送信するフレームを、時間をそろえて図示している。各端末装置宛の CRS (CRS-Tx1, CRS-Tx2, . . . , CRS-Tx<sub>n</sub>) は、お互いに異なる時間に送信し、CRS と固有信号を同時に送信しない。また、固有信号は、全て同時に送信する。また、図 7 の中の固有信号は、図 6 で端末装置毎に示した固有信号に対してプレコーディングを施した信号である。図 7 では、アンテナに対応す

10

20

30

40

50



るC R Sを送信した後に固有信号を送信しているが、固有信号を送る時刻とC R Sを送信する時刻は、入れ替えても良いし、信号毎に交互にしても良いし、どのような順番でもよい。また、C R Sだけ又は固有信号だけから構成されるフレームも存在してもよい。

#### 【0044】

図8は、本実施形態における端末装置の構成の一例を示すブロック図である。本実施形態では、n個の端末装置を多重するが、当該n個の端末装置は全て図8の構成を持つ。端末装置は、受信部27と、アンテナ28と、G I除去部29と、F F T部30と、信号分離部31と、C R S用伝搬路推定部32と、D M R S用伝搬路推定部33と、伝搬路補償部34と、フィードバック情報生成部35と、I F F T部36と、G I挿入部37と、送信部38と、サウンディング信号生成部39とを備える。

10

#### 【0045】

受信部27は、基地局装置が送信した信号を、アンテナ28を介して受信し、ダウンコンバージョンして、ベースバンドデジタル信号を生成後、G I除去部29に、当該ベースバンドデジタル信号を入力する。G I除去部29は、受信部27から入力されたベースバンドデジタル信号からG Iを除去し、F F T部30に入力する。F F T部30はG Iが除去されたベースバンドデジタル信号に対してF F Tを行い、周波数領域の信号を算出した後、当該周波数領域の信号を信号分離部31に入力する。

#### 【0046】

信号分離部31は、周波数領域の信号から、基地局装置の各アンテナに対応するC R Sを分離してC R S用伝搬路推定部32に入力する。また、信号分離部31は、D M R Sを分離してD M R S用伝搬路推定部33に入力し、データ信号を分離して伝搬路補償部34に入力する。

20

#### 【0047】

C R S用伝搬路推定部32は、受信したC R Sに基づいて、基地局装置から当該端末装置への伝搬路状態を推定し、推定した伝搬路状態を示す情報をフィードバック情報生成部35に入力する。フィードバック情報生成部35は、伝搬路状態を示す情報を用いて補正情報を算出し、I F F T部36に入力する。

#### 【0048】

I F F T部36は、フィードバック情報生成部35から入力された信号に対してI F F Tを行い、ベースバンドデジタル信号を生成して、G I挿入部37にベースバンドデジタル信号を入力する。G I挿入部37は、ベースバンドデジタル信号に対してG Iを付加し、G Iが付加された信号を送信部38に入力する。送信部38は、入力された伝搬路状態信号に対してデジタル/アナログ変換を行った後、アップコンバージョンして搬送波周波数の無線信号を生成して、アンテナ28を介して基地局装置に当該信号を送信する。

30

#### 【0049】

サウンディング信号生成部39は、サウンディング信号を生成して送信部38に入力し、送信部28は、アンテナ28を介して基地局装置に当該信号を送信する。

#### 【0050】

D M R S用伝搬路推定部33は、入力されたD M R Sに基づいて伝搬路を推定して、伝搬路状態を示す情報を伝搬路補償部34に入力する。また、伝搬路補償部34は、伝搬路状態を示す情報を用いて、データ信号を伝搬路補償して復調部40に入力する。復調部40は、M o d u l o演算を施されたデータ信号を復調して、復調結果を復号部41に入力する。復号部41は入力された復調結果を用いて復号を行って情報ビットを出力する。

40

#### 【0051】

端末装置のフィードバック情報生成部35の動作について、図9に示すブロック図を用いて説明する。フィードバック情報生成部35は、到来角取得部42と、第1応答ベクトル算出部43と、一次誤差ベクトル算出部44と、残留誤差算出部45と、一次係数算出部46と、補正情報生成部47とを備える。

#### 【0052】

到来角取得部42は、基地局装置と端末装置間の伝搬路の角度広がりがあると仮定

50

して近似的に到来角を求める。到来角取得部 42 は、一定の間隔（例えば搬送波の半波長）で並べられた線形アレーから送信された信号の規則性を利用して、「到来角のみから算出される伝搬路状態ベクトル」と、実際の伝搬路状態ベクトルとの誤差が最小になるように到来角を求める。この「到来角のみから算出される伝搬路状態ベクトル」を第一応答ベクトルと呼ぶ。線形アレーの送信信号は、所定の位相間隔ずつずれた状態で端末装置に受信され、この位相間隔は端末装置の到来角に依存する。これを利用して、到来角のみをパラメータとした伝搬路状態ベクトル（第一応答ベクトル）を算出することができる。

【0053】

同様の内容を数式で説明すれば、下記のように示される。実際の伝搬路状態ベクトルを  $h$  とし、第一応答ベクトルを  $f(\theta)$  とおく。基地局装置のアンテナ数  $n = 4$  で、各アンテナが搬送波周波数の波長の  $\lambda$  倍の間隔をあけた線形アレーであったとすると、 $f(\theta)$  は、

$f(\theta) = [1 \exp(-j2\pi \sin \theta) \exp(-j2\pi \sin \theta) \exp(-j2\pi \sin \theta)]^T$  (2)

で表される。ここで  $^T$  はベクトルの転置を表す。

【0054】

到来角取得部 42 は、

$$(A_0, \theta_0) = \operatorname{argmin}_{\theta} |h - A f(\theta)| \quad (3)$$

を満たす  $A_0$  と  $\theta_0$  を求める。ここで、 $|x|$  は  $x$  のノルムであり、 $A$  は、基地局装置の線形アレーから送信されたビームの振幅と位相を示す値である。この  $A$  は、複素数で表され、式 (3) では、 $A$  と  $\theta$  をパラメータとして右辺を最小化する。

【0055】

ただし、実際は通知する到来角を量子化するので、完全に最小でなくても良く、量子化誤差が含まれていても良い。

【0056】

以上に示した手順で、到来角を算出した到来角取得部 42 は、到来角を示す到来角情報を第一応答ベクトル算出部 43 と一次誤差ベクトル算出部 44 に入力する。また、到来角取得部 42 は、式 (3) において右辺が最小化されたときの  $A_0$  の値を用いて、ベクトル  $h / A_0$  を算出し、残留誤差算出部 45 に入力する。

【0057】

ベクトル  $h / A_0$  は、基地局装置の各アンテナと端末装置間の伝搬路状態と、端末装置での位相回転と振幅の変化に対する伝搬路補償を含めた等価伝搬路を示すベクトルである。そのため、基地局装置は、 $h / A_0$  を端末装置が有する実際の伝搬路状態として把握すればよい。すなわち、本発明は、端末装置からわずかなフィードバック情報を通知することで、基地局装置が把握する伝搬路状態と、 $h / A_0$  の誤差を少なくする方法を提供することが目的であると言い換えられる。

【0058】

第一応答ベクトル算出部 43 は、入力された到来角  $\theta_0$  に基づいて式 (2) に  $\theta_0$  を代入して、 $f(\theta_0)$  を算出し、第一応答ベクトルとして残留誤差算出部 45 に入力する。

【0059】

残留誤差算出部 45 は、到来角取得部 42 から入力されたベクトル  $h / A_0$  から、第一応答ベクトル  $f(\theta_0)$  を減算して、残留誤差  $e$  を算出し、残留誤差  $e$  を一次係数算出部 46 に入力する。

【0060】

ここで、角度  $\theta$  を、到来角  $\theta$  と  $\theta = -2\pi \sin \theta$  で関係付けられる角度と定義し、説明の便宜上、到来角  $\theta$  を角度  $\theta$  に変数変換して説明する。一次誤差ベクトル算出部 44 は、まず、角度  $\theta_0$  ( $\theta = -2\pi \sin \theta_0$ ) を算出する。その後、 $f(\theta)$  において  $\theta$  を ( $\theta = -2\pi \sin \theta$ ) に変数変換した関数  $F(\theta) = [1 \exp(j\theta) \exp(j\theta) \exp(j\theta)]^T$  を  $\theta$  で微分した式

$$F'(\theta) = [0 j \cdot \exp(j\theta) 2j \exp(j\theta) 3j \exp(j\theta)]^T \quad (4)$$

に対して、 $\theta_0$  ( $\theta = -2\pi \sin \theta_0$ ) を代入し、 $F'(\theta_0)$  を算出する。 $F'(\theta_0)$

10

20

30

40

50

を一次誤差ベクトルと呼ぶ。一次誤差ベクトル算出部 44 は当該一次誤差ベクトルを一次係数算出部 46 に入力する。

【0061】

ここで、本発明の基本原理について説明する。上記一次誤差ベクトル  $F'(\theta_0)$  は、ベクトル  $h/A_0$  と第一応答ベクトルの間に誤差として生じる誤差成分の方向を近似的に表すベクトルである。角度広がりによる誤差は、一次誤差ベクトルの方向に沿って生じることが多く、近似的に、当該一次誤差ベクトルに対して、係数として複素数  $B_1$  (スカラー値) を乗算したベクトルになる。言い換えれば、到来角のみから求められる  $F(\theta_0)$  は、伝搬路状態ベクトル  $h/A_0$  の「0次近似」に相当するのに対して、一次誤差ベクトルで表される誤差を足した

$$F(\theta_0) + B_1 F'(\theta_0) \quad (5)$$

は、ベクトル  $h/A_0$  の「1次近似」に相当する。

【0062】

同様の説明を、数式を用いて説明する。各パスの到来角に対応する角度を  $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots, \theta_L$  とおき、パス数を  $L$  とおく。1つのパスの到来角を  $\theta_a$  とすると、対応する角度  $\theta_a = -2 \sin(\theta_a)$  を満たす。以降、到来角 (に添え字を付したもの) と対応する角度 (に添え字を付したもの) は同様の関係を持つとする。また、各パスの振幅と位相を複素数  $c_1, c_2, \dots, c_L$  であらわす。すると、テイラー展開を用いて下式のように展開できる。

【0063】

【数1】

$$\begin{aligned} \mathbf{h} &= c_1 \mathbf{F}(\theta_1) + c_2 \mathbf{F}(\theta_2) + \dots + c_L \mathbf{F}(\theta_L) \\ &= \sum_{l=1}^{L(\text{No. of Paths})} c_l \mathbf{F}(\theta_l) = \sum_{l=0}^L c_l \mathbf{F}(\theta_0 + \Delta\theta_l) \\ &= \sum_{l=1}^L \left[ c_l \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(\Delta\theta_l)^k}{k!} \mathbf{F}^{(k)}(\theta_0) \right] = \sum_{k=0}^{\infty} \left[ \left\{ \sum_{l=1}^L c_l \frac{(\Delta\theta_l)^k}{k!} \right\} \mathbf{F}^{(k)}(\theta_0) \right] = \sum_{k=0}^{\infty} [A_k \mathbf{F}^{(k)}(\theta_0)] \quad (6) \\ &= A_0 \mathbf{F}(\theta_0) + A_1 \mathbf{F}^{(1)}(\theta_0) + A_2 \mathbf{F}^{(2)}(\theta_0) + A_3 \mathbf{F}^{(3)}(\theta_0) + A_4 \mathbf{F}^{(4)}(\theta_0) + \dots \\ &= A_0 \{ \mathbf{F}(\theta_0) + B_1 \mathbf{F}^{(1)}(\theta_0) + B_2 \mathbf{F}^{(2)}(\theta_0) + B_3 \mathbf{F}^{(3)}(\theta_0) + B_4 \mathbf{F}^{(4)}(\theta_0) + \dots \} \\ \mathbf{h}/A_0 &= \mathbf{F}(\theta_0) + B_1 \mathbf{F}^{(1)}(\theta_0) + B_2 \mathbf{F}^{(2)}(\theta_0) + B_3 \mathbf{F}^{(3)}(\theta_0) + B_4 \mathbf{F}^{(4)}(\theta_0) + \dots \end{aligned}$$

ここで  $F^{(1)}, F^{(2)}, F^{(3)}$  は、それぞれ関数  $F$  の1次微分、2次微分、3次微分...を表す。また、 $B_1$  は、各パスの到来角に対応する角度  $\theta_1$  と  $\theta_0$  の差の1乗に比例する。また、 $B_2$  は、各パスの到来角  $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots$  と  $\theta_0$  の差の2乗に比例、 $B_3$  は、各パスの到来角に対応する角度  $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots$  と  $\theta_0$  の差の3乗に比例、...というように、 $B_1, B_2, \dots$  となるに従って係数が平均的に小さくなる。特に角度広がり比較的小さい時は、この傾向が顕著になる。そこで、式(6)の最後の式の右辺の最初の2項を再現できるだけの情報を、基地局装置にフィードバックすることで、基地局装置が把握すべきベクトル  $h/A_0$  からの誤差を抑えたベクトルを基地局装置に通知することができる。

【0064】

基地局装置は、 $\theta_0$  と  $B_1$  を把握すると、端末装置で  $h/A_0$  を近似した式(5)を再現できる。基地局装置は、端末装置がサウンディング信号を送信することにより、到来角  $\theta_0$  を推定し、 $\theta_0 (= -2 \sin(\theta_0))$  を算出できる。また基地局装置は  $\theta_0$  から  $F(\theta_0)$  と  $F'(\theta_0)$  を算出できる。そのため、残りの  $B_1$  (以後、一次係数と呼ぶ) を端末装置から基地局装置に通知することで、基地局装置は式(5)を復元可能となる。一次誤差ベクトル算出部 44 は、一次係数算出部 46 に一次誤差ベクトル  $F'(\theta_0)$  を入力する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 5 】

一次係数算出部 4 6 は、

$$B_1 = \operatorname{argmin} |f - BF'(\theta_0)| \quad (7)$$

を満たす複素数係数  $B_1$  を算出する。式 (7) は、任意の複素数を取る数  $B$  を変数とし、 $|f - BF'(\theta_0)|$  が最小となる  $B$  の値を探索する。また  $f$  を式 (6) の表現を用いて表すと、 $h/A_0 - F(\theta_0)$  となり、第一応答ベクトルと、実際の伝搬路状態との誤差を表す。式 (7) は、その誤差  $f$  が、近似的に一次誤差ベクトルの複素数 ( $B_1$ ) 倍で表されると仮定して、最適な複素数  $B_1$  を求める。

## 【 0 0 6 6 】

式 (7) の計算後、一次係数算出部 4 6 は、一次係数  $B_1$  を補正情報生成部 4 7 に入力する。ただし、実際は  $B_1$  を量子化して基地局装置に通知する必要があるので、完全に最小でなくても良く、量子化誤差が含まれていても良い。

10

## 【 0 0 6 7 】

補正情報生成部 4 7 は、一次係数算出部から入力された一次係数  $B_1$  を量子化して補正情報を生成し、IFFT部 3 6 (図 8) に入力する。

## 【 0 0 6 8 】

次に、各端末装置からのフィードバック情報に基づき基地局装置が各端末装置の伝搬路状態を算出する伝搬路状態算出部 1 9 (図 5) について、図 1 0 のブロック図を参照して説明する。伝搬路状態算出部 1 9 は、到来角取得部 4 8 と、第一応答ベクトル算出部 4 9 と、第二応答ベクトル算出部 5 0 と、補正情報取得部 5 1 と、伝搬路行列構成部 5 2 とを備える。

20

## 【 0 0 6 9 】

到来角取得部 4 8 は、サウンディング信号を用いて到来角を取得する。このとき、特許文献 1 記載の方法を用いる。ただし、到来角の推定方法はこれに限られるものではない。その他の一例を挙げる。前述のように、基地局装置が、伝搬路推定のため CRS を端末装置に対して送信した後、端末装置は、CRS に基づいて伝搬路推定を行い、その伝搬路推定結果を用いて到来角取得部 4 8 (図 1 0) で到来角を取得する。サウンディング信号として端末装置から CRS と同様の信号を送信することで、基地局装置でも同様に到来角推定が可能である。

## 【 0 0 7 0 】

到来角取得部 4 8 は、取得した到来角  $\theta_0$  を第一応答ベクトル算出部 4 9 と第二応答ベクトル算出部 5 0 に入力する。

30

## 【 0 0 7 1 】

第一応答ベクトル算出部 4 9 は、到来角  $\theta_0$  を用いて第一応答ベクトルを算出する。式 (2) と同様の式を用いて応答ベクトル  $f(\theta_0)$  を算出し、第二応答ベクトル算出部 5 0 に入力する。

## 【 0 0 7 2 】

補正情報取得部 5 1 は、端末装置から通知された補正情報から一次係数  $B_1$  を取得し、第二応答ベクトル算出部 5 0 に入力する。

## 【 0 0 7 3 】

第二応答ベクトル算出部 5 0 は、図 1 1 のブロック図に示すように、誤差ベクトル算出部 5 3 と誤差算出部 5 4 とベクトル加算部 5 5 とからなる。

40

## 【 0 0 7 4 】

まず、誤差ベクトル算出部 5 3 は、到来角に対応する角度  $\theta_0 (= -2 \sin(\theta_0))$  と式 (4) を用いて、一次誤差ベクトル  $F'(\theta_0)$  を復元する。これは、基地局装置が到来角のみから、端末装置で算出された一次誤差ベクトル  $F'(\theta_0)$  を復元できたことを意味する。この、一次誤差ベクトルを誤差算出部 5 4 に入力する。

## 【 0 0 7 5 】

次に、誤差算出部 5 4 は、一次係数  $B_1$  と一次誤差ベクトル  $F'(\theta_0)$  を乗算して得たベクトルをベクトル加算部 5 5 に入力する。

50

## 【 0 0 7 6 】

最後に、ベクトル加算部 5 5 は、誤差算出部 5 4 から入力されたベクトルを、第一応答ベクトルに加算して第二応答ベクトルを得る。第二応答ベクトル ( $= F(\theta_0) + B F'(\theta_0)$ ) は、伝搬路状態の一次近似とみなすことができ、到来角だけから復元される伝搬路状態 ( $F(\theta_0)$ ) よりも精度の高いものとなっている。ベクトル加算部 5 5 は、第二応答ベクトルを、伝搬路行列構成部 5 2 (図 1 0) に入力する。

## 【 0 0 7 7 】

伝搬路行列構成部 5 2 は、各端末装置の第二応答ベクトルを行に持つ伝搬路行列を構成し、フィルタ算出部 2 0 (図 5) に入力する。

## 【 0 0 7 8 】

本実施の形態に係る基地局装置は、上記方法を用いることで、到来角のみから伝搬路状態を推定する従来の方法よりも正確な伝搬路状態を把握することができる。また、本実施の形態では、端末装置から、スカラー値の複素数を量子化した値を 1 つしか送る必要がなく、上りリンクの制御情報の増加が最小限に抑えられている。よって、本実施の形態においては、基地局装置は、正確な伝搬路状態情報を用いて、より高品質な伝送をすることができ、上りリンクの制御情報の情報量をほとんど変えることもないため、周波数利用効率改善に寄与できる。

## 【 0 0 7 9 】

なお、到来角は、全帯域で等しいので 1 つだけ算出すればよいが、補正情報は、原則的には、サブキャリア毎に算出し、基地局装置にフィードバックするのが望ましい。ただし、上りリンクのフィードバック情報量を低減するために、複数サブキャリアについて 1 つの補正情報を算出してフィードバックしてもよい。また、周波数選択性が無い状態ならば、補正情報は到来角と同様に全帯域で 1 つだけ算出すればよい。

## 【 0 0 8 0 】

## &lt; 第 1 の変形例 &gt;

前述の第 1 の実施形態では、基地局装置が到来角を推定していたが、本変形例では、端末装置が到来角を推定して基地局に通知する。また、本変形例は、到来角に関する部分以外は、前述の第 1 の実施形態と同じ構成を有する。到来角に関する部分を中心に、本変形例の構成を説明する。

## 【 0 0 8 1 】

図 1 2 は、本変形例における通信システムのシーケンス図である。まず、基地局装置 1 0 0 が CRS を端末装置 2 0 0、3 0 0 に対して送信する。第 1 の実施形態では、最初に端末装置がサウンディング信号を基地局装置に送信したが、本変形例においては、サウンディング信号の送信を行わない。その後、端末装置 2 0 0、3 0 0 は、到来角と補正情報を算出する。当該到来角と補正情報算出方法は第 1 の実施形態と同じである。その後、各端末装置 2 0 0、3 0 0 は、到来角情報と、補正情報の両方の情報を基地局装置 1 0 0 に通知する。第 1 の実施形態では到来角を通知しなかったが、本変形例では通知する。以降のプロセスは第 1 の実施形態と同じであるので、説明を省略する。

## 【 0 0 8 2 】

本変形例に係る端末装置の構成を図 1 3 のブロック図に示す。端末装置は、端末装置は、受信部 2 7 と、アンテナ 2 8 と、GI 除去部 2 9 と、FFT 部 3 0 と、信号分離部 3 1 と、CRS 用伝搬路推定部 3 2 と、DMRS 用伝搬路推定部 3 3 と、伝搬路補償部 3 4 と、フィードバック情報生成部 5 6 と、IFFT 部 3 6 と、GI 挿入部 3 7 と、送信部 3 8 とを備える。図 1 3 の構成には、第 1 の実施形態に係る端末装置 (図 8) と異なり、サウンディング信号生成部 3 9 が無い。また、フィードバック情報生成部 5 6 は、補正情報だけでなく、到来角情報も算出し、IFFT 部 3 6 に入力する。IFFT 部 3 6、GI 挿入部 3 7、送信部 3 8 は、第 1 の実施の形態に示した方法と同様の方法で、当該到来角情報と補正情報を基地局装置に通知する。

## 【 0 0 8 3 】

図 1 4 は、本変形例に係る端末装置のフィードバック情報生成部 5 6 の詳細な構成を示

10

20

30

40

50

すブロック図である。フィードバック情報生成部 56 は、到来角取得部 57 と、第 1 応答ベクトル算出部 43 と、一次誤差ベクトル算出部 44 と、残留誤差算出部 45 と、一次係数算出部 46 と、補正情報生成部 47 とを備える。第 1 の実施の形態に係るフィードバック情報生成部 (図 9) と異なり、到来角取得部 57 が、到来角情報を出力する。前述のとおり、端末装置は、当該到来角情報を基地局装置に通知する。また、図 14 において、到来角の算出方法と補正情報の算出方法は、第 1 の実施形態と同じであるので、説明を省略する。

#### 【0084】

本変形例に係る基地局装置の構成は、第 1 の実施形態と同じなので説明を省略する。ただし、伝搬路状態算出部 19 (図 5) の内部の構成に、第 1 の実施形態と異なる部分がある。図 15 は、伝搬路状態算出部 19 の内部の構成を示すブロック図である。伝搬路状態算出部 19 は、到来角取得部 58 と、第一応答ベクトル算出部 49 と、第二応答ベクトル算出部 50 と、補正情報取得部 51 と、伝搬路行列構成部 52 とを備える。到来角取得部 58 において、第 1 の実施形態では、サウンディング信号から到来角を推定したのが、本変形例では、端末装置から通知された到来角情報を用いる点のみが異なる。

#### 【0085】

##### < 第 2 の実施形態 >

第 1 の実施形態は、伝搬路状態を 1 次近似することで、到来角だけを推定する従来方式に比べて、基地局装置が把握する伝搬路状態の精度を向上できた。第 2 の実施形態は、2 次以上の近似を行うことで、さらに精度を向上する方法を説明する。ここでは、一般的に第 N 次近似まで求めるとする。

#### 【0086】

本実施形態に係る端末装置の構成は、第 1 の実施形態 (図 8) と同じである。ただし、フィードバック情報生成部の内部の構成だけが異なる。図 16 は、本実施形態に係るフィードバック情報生成部 59 の構成の一例を示すブロック図である。フィードバック情報生成部 59 は、到来角取得部 60 と、第 1 応答ベクトル算出部 61 と、誤差ベクトル算出部 62 と、残留誤差算出部 63 と、係数算出部 64 と、残留誤差記憶部 65 と、補正情報生成部 66 とを備える。

#### 【0087】

また、図 17 に、本フィードバック情報生成部 59 の動作を示すフローチャートを示す。

ステップ S1 において、到来角取得部 60 は、第 1 の実施形態と同様の方法 (式 (3)) で、到来角を算出し、第一応答ベクトル算出部 61 と誤差ベクトル算出部 62 に到来角を入力する。また、到来角取得部 60 は、式 (3) において右辺が最小化されたときの  $A_0$  の値を用いて、ベクトル  $h/A_0$  を算出し、残留誤差算出部 63 に入力する。

#### 【0088】

ステップ S2 において、第一応答ベクトル算出部 61 は、第 1 の実施形態と同様に、入力された到来角  $\theta_0$  に基づいて式 (2) に  $\theta_0$  を代入して、第一応答ベクトル  $f(\theta_0)$  を算出して残留誤差算出部 63 に入力する。

#### 【0089】

ステップ S3 において、誤差ベクトル算出部 62 は、入力された到来角  $\theta_0$  から角度  $\theta_0 (= -2 \sin \theta_0)$  を算出する。その後、 $f(\theta_0)$  において  $\theta_0$  を  $\theta_0 (= -2 \sin \theta_0)$  に変数変換した関数  $F(\theta_0) (= [1 \exp(j \theta_0) \exp(2j \theta_0) \exp(3j \theta_0)]^T)$  を  $\theta_0$  で微分した式 (4) に対して、 $\theta_0 (= -2 \sin \theta_0)$  を代入し、各次数の誤差ベクトル  $F(1)(\theta_0), \dots, F(N)(\theta_0)$  を算出する。(N は、第 2 の実施形態の近似の精度を表す次数)。

#### 【0090】

フィードバック情報生成部 59 は、以下のステップ S4 とステップ S5 を、N 回繰り返す。ここで、近似の次数を表す変数を m とし、m を 1 から N まで順に変えてステップ S4 とステップ S5 を繰り返す。

## 【 0 0 9 1 】

ステップ S 4 において、残留誤差算出部 6 3 は、残留誤差  $f$  を算出し、係数算出部 6 4 に入力する。

## 【 0 0 9 2 】

$m = 1$  のときは、到来角取得部 6 0 から入力されたベクトル  $h / A_0$  から、第一応答ベクトル  $f^{(0)}$  を減算して、残留誤差  $f$  を算出し、残留誤差  $f$  を係数算出部 6 4 と残留誤差記憶部 6 5 に入力する。

## 【 0 0 9 3 】

$m > 1$  のときは、残留誤差記憶部 6 5 から残留誤差  $f$  を取得し、 $m - 1$  次の係数  $B_{m-1}$  と  $m - 1$  次の誤差ベクトル  $F^{(m-1)}(0)$  を用いて、 $f - B_{m-1} F^{(m-1)}(0)$  を算出する。当該ベクトルを新たな残留誤差  $f$  と置いて、係数算出部 6 4 と残留誤差記憶部 6 5 に入力する。

10

## 【 0 0 9 4 】

ステップ S 5 において、係数算出部 6 4 は、残留誤差  $f$  と、 $m$  次の誤差ベクトル  $F^{(m)}(0)$  から

$$B_m = \operatorname{argmin} |f - B_m F^{(m)}(0)| \quad (8)$$

を満たす複素数係数  $B_m$  を算出する。ただし、実際は  $B_m$  を量子化して基地局装置に通知する必要があるので、完全に最小でなくとも良く、量子化誤差が含まれていても良い。係数算出部 6 4 は、 $m$  次係数  $B_m$  を補正情報生成部 6 6 と残留誤差算出部 6 3 に入力する。また  $m$  次の誤差ベクトル  $F^{(m)}(0)$  も残留誤差算出部 6 3 に入力する。

20

## 【 0 0 9 5 】

ステップ S 6 において、補正情報生成部 6 6 が、係数算出部 6 4 から入力された各次の係数  $B_1 \sim B_N$  を含む補正情報を生成し、I F F T 部 3 6 (図 8) に入力する。

## 【 0 0 9 6 】

以上が、本実施形態に係るフィードバック情報生成部の構成と動作である。本実施形態に係る端末装置の構成は第 1 の実施形態と同じなので説明は省略する。

## 【 0 0 9 7 】

次に、本実施形態に係る基地局装置について説明する。基地局装置も伝搬路状態算出部以外は、第 1 の実施形態と同じ構成を持つので、伝搬路状態算出部を除いて説明を省略する。本実施形態に係る伝搬路状態算出部の構成も図 1 0 で示される。

30

## 【 0 0 9 8 】

本実施形態に係る補正情報は、端末装置の動作の説明で述べたように 1 次 ~  $N$  次の係数が含まれる。補正情報取得部 5 1 は、当該補正情報を全て、第二応答ベクトル算出部 5 0 に入力する。本実施形態に係る第二応答ベクトル算出部 5 0 の内部の構成も、第 1 の実施形態と同様に、図 1 1 で表される。ただし、第二応答ベクトル算出部 5 0 内の各構成部の動作が異なる。本実施形態に係る誤差ベクトル算出部 5 3 は、到来角取得部 4 8 (図 1 0) から入力された到来角に基づいて、各次数の誤差ベクトル  $F^{(1)}(0), \dots, F^{(N)}(0)$  を算出する。本実施形態に係る誤差算出部 5 4 は、補正情報取得部 5 1 (図 1 0) から入力された各次の係数に基づいて、ベクトル  $B_1 F^{(1)}(0) + B_2 F^{(2)}(0) + \dots + B_N F^{(N)}(0)$  を算出する。本実施形態に係る誤差算出部 5 4 は、当該ベクトル  $B_1 F^{(1)}(0) + B_2 F^{(2)}(0) + \dots + B_N F^{(N)}(0)$  をベクトル加算部 5 5 に入力する。ベクトル加算部 5 5 は、第 1 の実施形態と同様に、第一応答ベクトル  $F(0)$  を誤差算出部 5 4 から入力されたベクトルに加算して、応答ベクトルを算出する。当該応答ベクトルを式で表すと、

40

$$F(0) + B_1 F^{(1)}(0) + B_2 F^{(2)}(0) + \dots + B_N F^{(N)}(0) \quad (9)$$

となり、式 (6) の一番下の式の右辺の  $N$  次までの項を基地局装置で再現できることがわかる。

## 【 0 0 9 9 】

第 2 の実施形態では、端末装置が、基地局装置に、補正情報として、1 次の係数  $B_1$  の他に 2 次 ~  $N$  次の係数  $B_2 \sim B_N$  を通知する。これにより、第 1 の実施形態より精度良く

50

、伝搬路状態を基地局装置に通知することができる。

【0100】

なお、第2の実施形態では、第1の実施形態の第1の変形例と同様に、到来角も端末装置から基地局装置へ通知する方法を用いても良い。この場合、第1の実施形態の第1の変形例と同様に、本変形例のシーケンス図は図12、端末装置の構成図は図13、基地局装置の構成図は図5で表される。フィードバック情報生成部は図18、伝搬路状態算出部は図15で表される。なお、図18は、前述の第2の実施形態の構成図16の場合と、到来角情報取得部60が到来角情報を出力すること以外は全て同じ構成を持つ。

【0101】

なお、第1の実施形態と同様に、到来角は、全帯域で等しいので1つだけ算出すればよいが、補正情報は、原則的には、サブキャリア毎に算出し、基地局装置にフィードバックするのが望ましい。ただし、上りリンクのフィードバック情報量を低減するために、複数サブキャリアについて1つの補正情報を算出してフィードバックしてもよい。また、周波数選択性が無い状態ならば、補正情報は到来角と同様に全帯域で1つだけ算出すればよい。

【0102】

<全実施形態共通事項>

第1の実施形態及び第2の実施形態において、到来角情報をフィードバックする場合、基地局装置と端末装置であらかじめ、複数のベクトルで構成されるコードブック共有しておき、端末装置がそのコードブックにおけるベクトルの番号を示す情報を通知しても良い。例えば、DFT行列をオーバーサンプリングした行列

【数2】

$$\text{Codebook} = [p_0 \ p_1 \ \cdots \ p_{M-1}] \quad (10)$$

$$p_k = [1 \ \exp(-1 \cdot 2\pi k / M) \ \exp(-2 \cdot 2\pi k / M) \ \exp(-3 \cdot 2\pi k / M)]^T$$

を用いても良い。ここでMは32などの2のべき乗である。式(10)で表されるコードブックを用いると、 $F(\theta) (= [1 \ \exp(j\theta) \ \exp(2j\theta) \ \exp(3j\theta)]^T)$ と比較すると明確なように、各 $p_k$ はある特定の $\theta$ を代入した時の $F(\theta)$ と等しくなる。具体的には、 $F(\theta = -2\pi k / M)$ と各 $p_k$ は等しくなる。 $\theta = -2\pi \sin \theta$ は到来角 $\theta$ に対応付けられているので、 $p_k$  ( $k = 1 \sim M$ )のうち1つを示す番号を端末装置が基地局装置に通知することは、M個の値に量子化した到来角を通知していることとみなすことができる。

【0103】

なお、本発明の実施形態は、送信アンテナ数が4本の場合について述べたが、もちろん他の本数についても同様に適用することができる。

【0104】

また、上記各実施形態において、基地局装置が備えるアンテナの本数と、端末装置が備えるアンテナの本数の合計とが、データストリームの数と一致する場合について説明をした。しかし、本発明は端末装置が備えるアンテナの本数の合計が、データストリームの数と異なっても良い。例えば、ある端末装置が物理的に2本のアンテナで信号を受信するが、受信した信号を1つの信号に合成するように設計されている場合、端末装置や基地局装置の処理としてはアンテナが1本として扱ってもよい。同様に、基地局装置においても、一つの端末装置宛の信号を、2つに複製し、それぞれに重みを掛けて、物理的に図3に示したような2組の線形アレーアンテナから送信する場合にも、端末装置や基地局装置の処理としては1組の線形アレーアンテナから送信したものとして扱ってもよい。

【0105】

なお、本発明に関わる端末装置および基地局装置で動作するプログラムは、本発明に関わる上記実施形態の機能を実現するように、CPU等を制御するプログラム(コンピュータを機能させるプログラム)である。そして、これら装置で取り扱われる情報は、その処

10

20

30

40

50



理時に一時的にＲＡＭに蓄積され、その後、各種ＲＯＭやＨＤＤに格納され、必要に応じてＣＰＵによって読み出し、修正・書き込みが行なわれる。プログラムを格納する記録媒体としては、半導体媒体（例えば、ＲＯＭ、不揮発性メモリカード等）、光記録媒体（例えば、ＤＶＤ、ＭＯ、ＭＤ、ＣＤ、ＢＤ等）、磁気記録媒体（例えば、磁気テープ、フレキシブルディスク等）等のいずれであってもよい。また、ロードしたプログラムを実行することにより、上述した実施形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムの指示に基づき、オペレーティングシステムあるいは他のアプリケーションプログラム等と協働して処理することにより、本発明の機能が実現される場合もある。

#### 【０１０６】

また市場に流通させる場合には、可搬型の記録媒体にプログラムを格納して流通させたり、インターネット等のネットワークを介して接続されたサーバコンピュータに転送したりすることができる。この場合、サーバコンピュータの記憶装置も本発明に含まれる。また、上述した実施形態における端末装置および基地局装置の一部、または全部を典型的には集積回路であるＬＳＩとして実現してもよい。端末装置および基地局装置の各機能ブロックは個別にプロセッサ化してもよいし、一部、または全部を集積してプロセッサ化してもよい。また、集積回路化の手法はＬＳＩに限らず専用回路、または汎用プロセッサで実現してもよい。また、半導体技術の進歩によりＬＳＩに代替する集積回路化の技術が出現した場合、当該技術による集積回路を用いることも可能である。

#### 【０１０７】

以上、この発明の実施形態を、図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計等も特許請求の範囲に含まれる。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【０１０８】

本発明は、通信装置、通信システム、通信方法、及びプロセッサに利用可能である。

#### 【符号の説明】

#### 【０１０９】

- １１<sub>１</sub>～１１<sub>ｎ</sub> 符号部
- １２<sub>１</sub>～１２<sub>ｎ</sub> 変調部
- １３ 固有信号構成部
- １４ ＤＭＲＳ生成部
- １５<sub>１</sub>～１５<sub>ｎ</sub> 受信部
- １６<sub>１</sub>～１６<sub>ｎ</sub> アンテナ
- １７<sub>１</sub>～１７<sub>ｎ</sub> ＧＩ除去部
- １８<sub>１</sub>～１８<sub>ｎ</sub> ＦＦＴ部
- １９ 伝搬路状態算出部
- ２０ フィルタ算出部
- ２１ プレコーディング部
- ２２ フレーム構成部
- ２３ ＣＲＳ生成部
- ２４<sub>１</sub>～２４<sub>ｎ</sub> ＩＦＦＴ部
- ２５<sub>１</sub>～２５<sub>ｎ</sub> ＧＩ挿入部
- ２６<sub>１</sub>～２６<sub>ｎ</sub> 送信部
- ２７ 受信部
- ２８ アンテナ
- ２９ ＧＩ除去部
- ３０ ＦＦＴ部
- ３１ 信号分離部
- ３２ ＣＲＳ用伝搬路推定部
- ３３ ＤＭＲＳ用伝搬路推定部

10

20

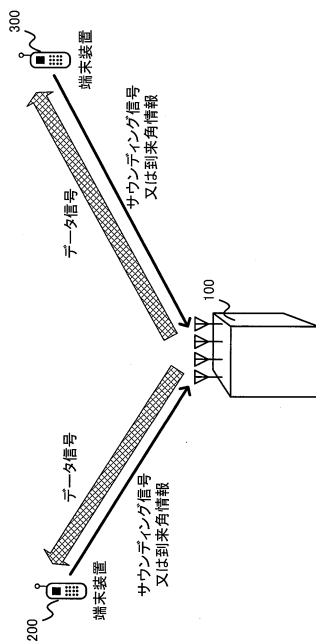
30

40

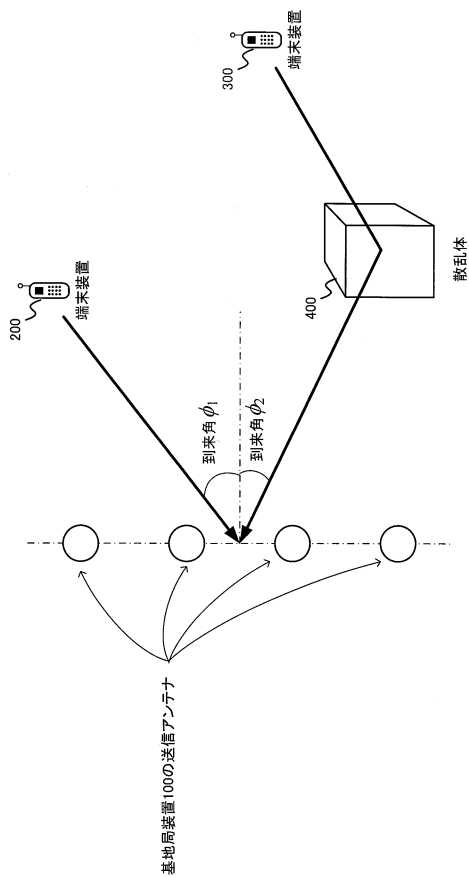
50

- 3 4 伝搬路補償部
- 3 5 フィードバック情報生成部
- 3 6 I F F T 部
- 3 7 G I 挿入部
- 3 8 送信部
- 3 9 サウンディング信号生成部

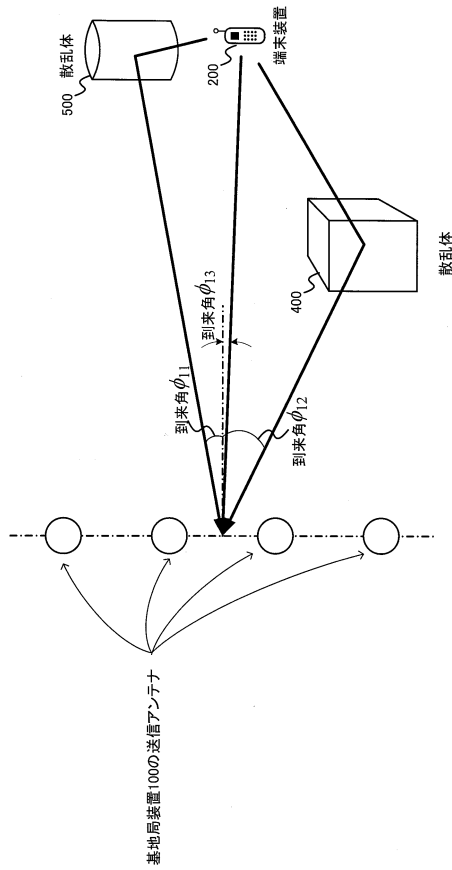
【図 1】



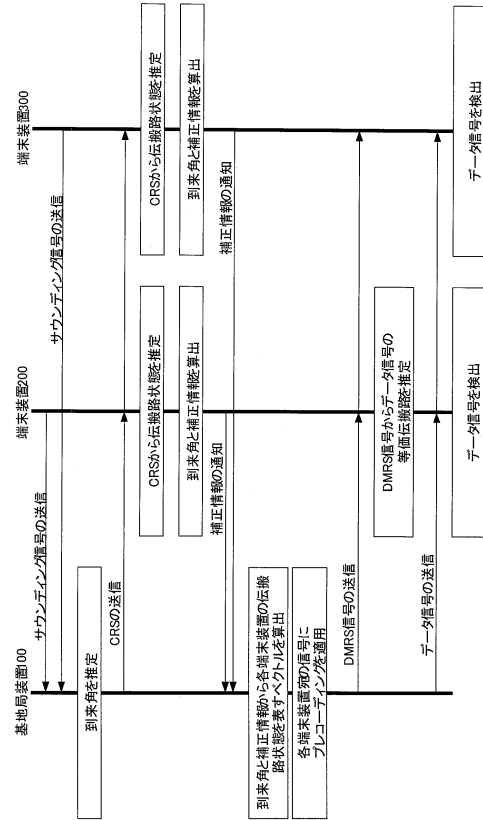
【図 2】



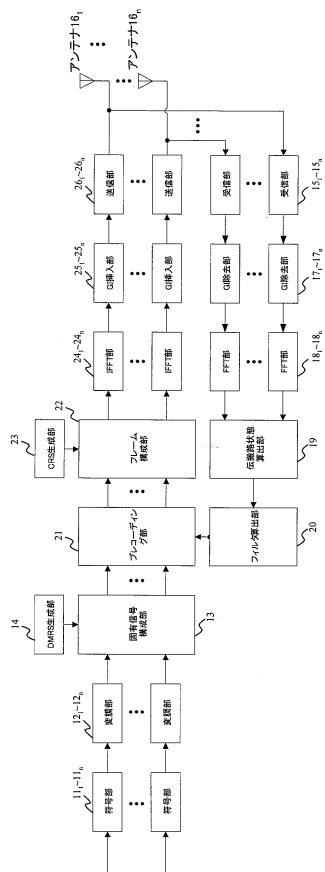
【 図 3 】



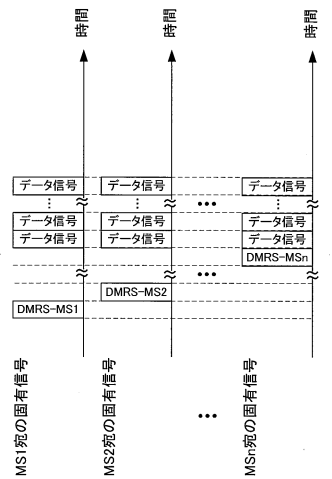
【 図 4 】



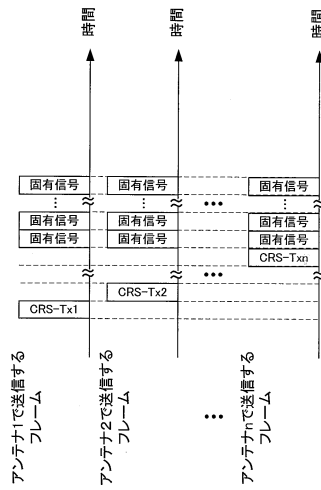
【 図 5 】



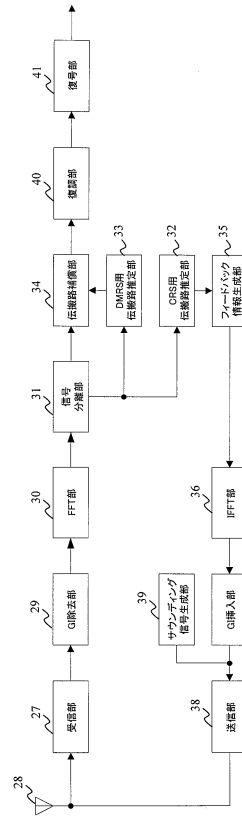
【 図 6 】



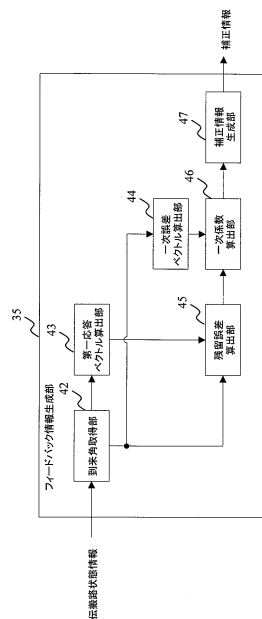
【図 7】



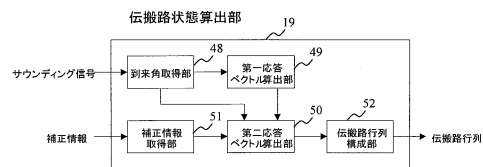
【図 8】



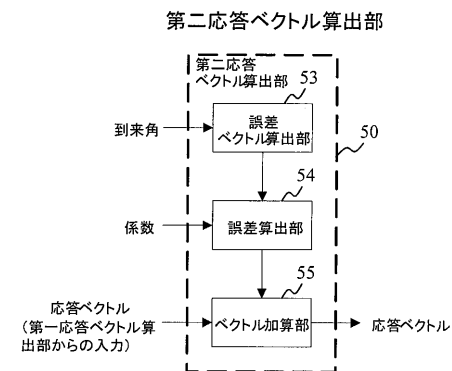
【図 9】



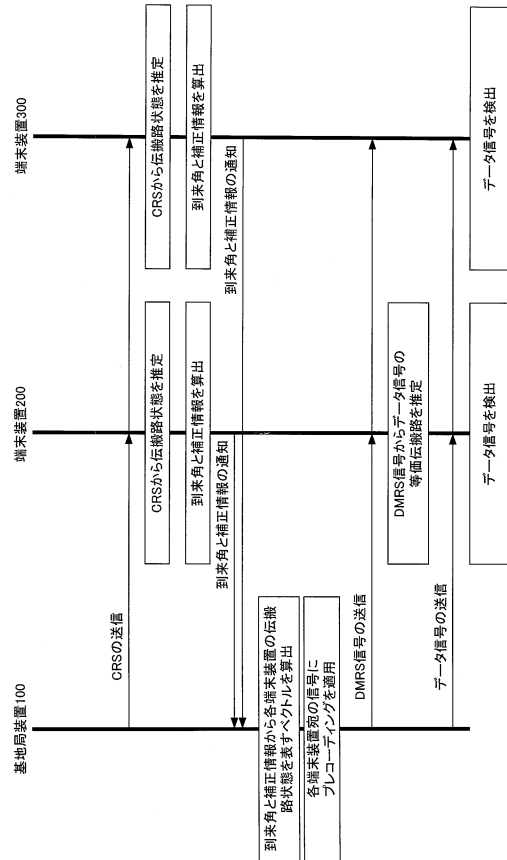
【図 10】



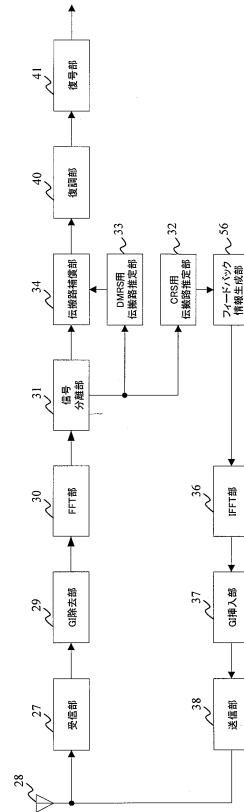
【図 11】



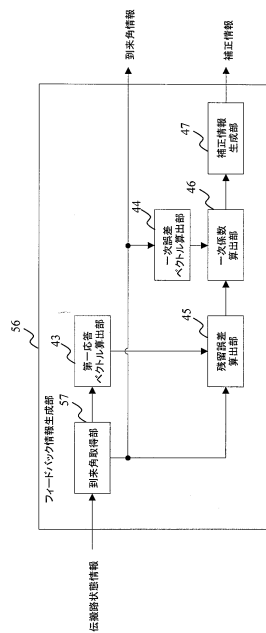
【図 1 2】



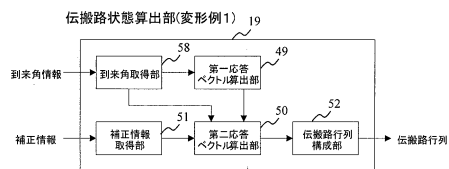
【図 1 3】



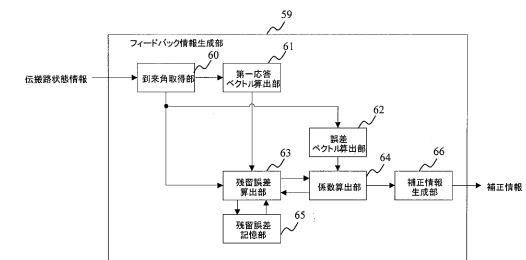
【図 1 4】



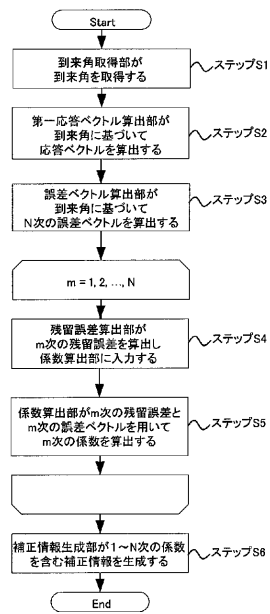
【図 1 5】



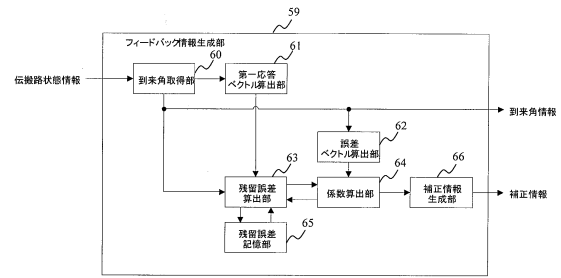
【図 1 6】



【図 17】



【図 18】



## フロントページの続き

(72)発明者 藤 晋平

大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号 シャープ株式会社内

(72)発明者 窪田 稔

大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号 シャープ株式会社内

審査官 岡 裕之

(56)参考文献 国際公開第2009/099151(WO, A1)

特開平08-008814(JP, A)

CATT, Single User beamforming based on partial channel information, 3GPP TSG-RAN WG1 #58 R1-093515, 2009年 8月28日

CATT, ZTE, Potevio, Dual layer beamforming based on partial channel information, 3GPP TSG-RAN WG1#57b R1-092848, 2009年 7月 3日

ZTE, Consideration on Multi-user beamforming, 3GPP TSG-RAN WG1#56 R1-090636, 2009年 2月13日

Alcatel Shanghai Bell, Alcatel-Lucent, Beam-forming for single-cell E-MBMS in LTE-A, 3GPP TSG-RAN WG1#55 R1-084135

Potevio, PMI Feedback mechanism analysis of dual layer beamforming for TDD system, 3GPP TSG-RAN WG1#57b R1-092811, 2009年 7月 3日

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04J 99/00

H04B 7/04

H04B 7/06

H04B 7/10

IEEE Explore

Cinii