

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5662772号  
(P5662772)

(45) 発行日 平成27年2月4日(2015.2.4)

(24) 登録日 平成26年12月12日(2014.12.12)

(51) Int. Cl.			F I		
HO4B	7/10	(2006.01)	HO4B	7/10	A
HO4W	16/28	(2009.01)	HO4W	16/28	
HO4J	11/00	(2006.01)	HO4J	11/00	Z
HO4J	1/00	(2006.01)	HO4J	1/00	
HO4J	99/00	(2009.01)	HO4J	15/00	

請求項の数 10 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2010-263508 (P2010-263508)
(22) 出願日	平成22年11月26日(2010.11.26)
(65) 公開番号	特開2012-114790 (P2012-114790A)
(43) 公開日	平成24年6月14日(2012.6.14)
審査請求日	平成25年10月15日(2013.10.15)

(73) 特許権者	000006633 京セラ株式会社 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
(74) 代理人	110001195 特許業務法人深見特許事務所
(72) 発明者	宮田 健雄 大阪府大東市三洋町1番34号 京セラ株式会社大阪大東事業所内

審査官 石田 昌敏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信装置および通信方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

通信相手の装置を含む複数の通信装置から既知信号を受信したときに、前記複数の通信装置からの既知信号に基づいて、伝送路の特性を表わす評価値を計算する評価値演算部と

、  
前記評価値に基づいて、通信相手への装置への送信方式をマルチステアリングとビームフォーミングの両方を実現するアダプティブアレイ送信か、ビームフォーミング専用送信のいずれかに決定する送信方式決定部とを備え、

前記評価値演算部は、通信相手の装置を含む複数の通信装置から既知信号を受信したときに、通信相手の装置とペアを構成する他の通信装置とのペアそれぞれについて、伝送路の特性を表わす評価値を計算し、

前記送信方式決定部は、複数のペアについての前記評価値に基づいて、通信相手への装置への送信方式を前記アダプティブアレイ送信か、前記ビームフォーミング専用送信のいずれかに決定する、通信装置。

【請求項2】

前記評価値演算部は、複数の通信装置から既知信号を受信したときに、前記複数の通信装置からの既知信号から受信応答ベクトルをそれぞれ算出し、

前記評価値演算部は、通信相手の装置とペアを構成する他の通信装置を逐次選択し、各ペアについて、前記受信応答ベクトルから空間相関係数を評価値として算出し、

前記送信方式決定部は、すべての可能なペアの評価値の中の最小値が、所定の閾値以下

10

20

の場合に、通信相手の装置への送信方式を前記アダプティブアレイ送信に決定し、所定の閾値を超える場合に、通信相手の装置への送信方式を前記ビームフォーミング専用送信に決定し、前記アダプティブアレイ送信では、前記通信相手の装置へビームを向け、前記評価値が最大となるペアの相手方の装置へヌルが向けられる、請求項 1 記載の通信装置。

【請求項 3】

前記通信相手の装置に第 1 のユーザデータ領域を仮に割当てする割当部と、

前記第 1 のユーザデータ領域と同一のサブキャリアを含む既知信号を前記通信装置の相手から送信させる評価信号要求部とをさらに備え、

前記割当部は、すべての可能なペアの評価値の中の最小値が所定の閾値以下の場合、およびすべての可能なペアの評価値の中の最小値が所定の閾値を越え、かつ仮割当てする第 1 のユーザデータ領域が変更不可能な場合に、前記仮に割当てした第 1 のユーザデータ領域を正式に割当てする、請求項 2 記載の通信装置。

10

【請求項 4】

前記通信相手の装置へ送信する信号の周波数の少なくとも一部と同一の周波数を含む既知信号を前記通信相手の装置から送信させる評価信号要求部をさらに備えた、請求項 1 記載の通信装置。

【請求項 5】

前記通信相手の装置との間の通信方式は、OFDMA方式であり、

前記既知信号は、OFDMAフレームの中のサウンディングゾーンで送られる信号である、請求項 1 記載の通信装置。

20

【請求項 6】

前記通信相手の装置との間の通信方式は、OFDMA方式であり、

ダウンリンクスケジューリングアルゴリズムに基づいて、通信相手の装置へ送信する第 1 のユーザデータ領域を決定する割当部と、

前記第 1 のユーザデータ領域と同一のサブキャリアを含む既知信号を前記通信装置の相手から送信させる評価信号要求部とをさらに備える、請求項 1 記載の通信装置。

【請求項 7】

前記評価値演算部は、通信相手の装置からの既知信号をアダプティブアレイ受信処理しないときの第 1 の通信品質と、前記通信相手の装置からの既知信号をアダプティブアレイ受信処理するときの第 2 の通信品質とを計算し、

30

前記送信方式決定部は、前記第 1 の通信品質と前記第 2 の通信品質との差が所定の閾値を超える場合に、前記通信相手の装置への送信方式を前記アダプティブアレイ送信に決定し、所定の閾値以下の場合に、前記通信相手の装置への送信方式を前記ビームフォーミング専用送信に決定する、請求項 1 記載の通信装置。

【請求項 8】

前記第 1 および第 2 の通信品質は、EVMである、請求項 7 記載の通信装置。

【請求項 9】

前記通信相手の装置との間の通信方式は、OFDMA方式であり、

前記既知信号は、OFDMAフレームの中のアップリンクユーザデータ領域で送信される信号である、請求項 7 記載の通信装置。

40

【請求項 10】

通信相手の装置を含む複数の通信装置から既知信号を受信したときに、通信相手の装置とペアを構成する他の通信装置とのペアそれぞれについて、伝送路の特性を表わす評価値を計算するステップと、

複数のペアについての前記評価値に基づいて、通信相手への装置への送信方式をヌルステアリングとビームフォーミングの両方を実現するアダプティブアレイ送信か、ビームフォーミング専用送信のいずれかに決定するステップとを備えた、通信方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明は、通信装置および通信方法に関し、特にアダプティブアレイ通信が可能な通信装置およびそのような通信装置の通信方法に関する。

【背景技術】

【0002】

P H S (Personal Handy-phone System) や X G P (eXtended Global Platform) で実用化されている基地局によるアダプティブアレイ送信は、所望端末方向にビームフォーミング送信を行なうことによって電波を強め、干渉端末方向にヌルステアリング送信を行なうことによって電波を弱める制御を行っている(たとえば、特許文献1(特開2004-297276号公報)を参照)。

【0003】

これによって、周波数利用効率の向上を実現している。このようなアダプティブアレイ通信技術は、T D - L T E (Long Term Evolution) や W i M A X (Worldwide Interoperability for Microwave Access) でも適用の検討がなされている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2004-297276号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

他セルからの干渉に上述のヌルステアリング送信を行なうことによって与干渉の低減を行うことは有益であるが、アダプティブアレイ送信は、その原理からヌルステアリング送信の効果が得られない場合がある。具体的には、基地局と所望端末間の伝搬路変動情報(応答ベクトルなどの情報)と、基地局と干渉端末の伝搬路情報の相関が高く、所望波方向にビームフォーミングを行うと干渉波方向にもビームフォーミング送信となってしまう場合が該当する。この問題は、所望端末と干渉端末の到来方向が同一でない場合でも発生する。このような場合は、ヌルステアリング送信とビームフォーミング送信の両立は困難となり、アダプティブアレイ送信の効果、つまりビーム利得およびヌル利得が劣化する。

【0006】

P H Sであれば、各端末ユーザを異なる時間または周波数スロットに割り当てることで、干渉を回避することができる。W i M A XおよびL T Eでは、キャリアセンス計測などの干渉計測技術が確立されていないためP H Sと同様の回避行動が難しく、また、自局から他の基地局のユーザを制御することができない。したがって、他のユーザと干渉しないように自局の送信を制御することでしか対処できない。

【0007】

それゆえに、本発明の目的は、干渉端末へのヌルステアリング送信の効果が得られない場合には、ヌルステアリング送信をすることでビームフォーミング利得を低下させることがないようにする通信装置および通信方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、本発明の通信装置は、通信相手の装置を含む複数の通信装置から既知信号を受信したときに、複数の通信装置からの既知信号に基づいて、伝送路の特性を表わす評価値を計算する評価値演算部と、評価値に基づいて、通信相手への装置への送信方式をヌルステアリングとビームフォーミングの両方を実現するアダプティブアレイ送信か、ビームフォーミング専用送信のいずれかに決定する送信方式決定部とを備える。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、干渉端末へのヌルステアリング送信の効果が得られない場合には、ヌルステアリング送信をしないことで、ビームフォーミング利得の低下を防ぐことができる

10

20

30

40

50

。【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】第1の実施形態の無線基地局の構成を表わす図である。

【図2】OFDMAフレームの構成を表わす図である。

【図3】第1の実施形態における無線基地局によるダウンリンク通信の送信方式の決定手順を示すフローチャートである。

【図4】第1の実施形態の通信接続の例を表わす図である。

【図5】(a)は、図4の無線基地局#1が送受信するOFDMAフレームを示す図であり、(b)は、図4の無線基地局#2が送受信するOFDMAを示す図である。 10

【図6】図4の無線基地局#1の送信方式の例を表わす図である。

【図7】第2の実施形態の無線基地局の構成を表わす図である。

【図8】第2の実施形態における無線基地局によるダウンリンク通信の送信方式の決定手順を示すフローチャートである。

【図9】第2の実施形態の通信接続の例を表わす図である。

【図10】(a)は、図9の無線基地局#1が送受信するOFDMAフレームを示す図であり、(b)は、図9の無線基地局#2が送受信するOFDMAを示す図である。

【図11】図9の無線基地局#1の送信方式の例を表わす図である。

【図12】第3の実施形態の無線基地局の構成を表わす図である。

【図13】第3の実施形態における無線基地局によるダウンリンク通信の送信方式の決定手順を示すフローチャートである。 20

【図14】第3の実施形態の通信接続の例を表わす図である。

【図15】(a)は、図14の無線基地局#1が送受信するOFDMAフレームを示す図であり、(b)は、図14の無線基地局#2が送受信するOFDMAを示す図である。

【図16】図14の無線基地局#1の送信方式の例を表わす図である。

【図17】第4の実施形態の無線基地局の構成を表わす図である。

【図18】第4の実施形態における無線基地局によるダウンリンク通信の送信方式の決定手順を示すフローチャートである。

【図19】第4の実施形態の通信接続の例を表わす図である。

【図20】(a)は、図19の無線基地局#1が送受信するOFDMAフレームを示す図であり、(b)は、図19の無線基地局#2が送受信するOFDMAを示す図である。 30

【図21】図19の無線基地局#1の送信方式の例を表わす図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

[第1の実施形態]

(無線基地局の構成)

図1は、第1の実施形態の無線基地局(通信装置)の構成を表わす図である。

【0012】

この無線基地局2は、無線端末との間の通信方式は、OFDMA通信方式(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)に従う。OFDMA通信方式では、OFDMAフレームが伝送される。 40

【0013】

(OFDMAフレーム)

図2は、OFDMAフレームの構成を表わす図である。

【0014】

図2を参照して、OFDMAフレームは、下りサブフレームと、上りサブフレームからなる。

【0015】

下りサブフレームは、プリアンブルと、DL-MAPと、UL-MAPと、ダウンリン 50

クユーザデータ領域とを含む。

【0016】

プリアンブルは、同期確立などのために既知の信号が配置される。

DL - MAP (Downlink Map) は、下りの無線リソースの割当情報が配置される。たとえば、DL - MAP には、ダウンリンクユーザデータ領域などに関する情報が配置される。

【0017】

UL - MAP (Uplink Map) は、上りの無線リソースの割当情報が配置される。たとえば、UL - MAP には、アップリンクユーザデータ領域などの情報が配置される。

【0018】

ダウンリンクユーザデータ領域には、下りのユーザデータが配置される。ダウンリンクユーザデータ領域は、複数のスロットで構成される。

【0019】

上りサブフレームは、レンジング領域と、CQICH (channel quality information channel) 領域と、ACKCH (Acknowledgement Channel) 領域と、サウンディングゾーンと、アップリンクユーザデータ領域とを含む。

【0020】

レンジング領域には、レンジング信号が配置される。

CQICH 領域は、チャネル品質を表わす信号が配置される。

【0021】

ACKCH 領域は、チャネル確認応答を表わす信号が配置される。

サウンディングゾーンは、無線基地局と無線端末との間の伝搬路の状態を推定するためのサウンディング信号 (既知信号) が配置される。サウンディングゾーンに配置される各無線端末からのサウンディング信号は、時間や周波数、あるいはコードが分割される場合が多い。

【0022】

アップリンクユーザデータ領域には、上りのユーザデータが配置される。

図1を参照して、この無線基地局2は、第1のアンテナ10と、第2のアンテナ11と、サーキュレータ82, 83と、送信部13と、受信部12と、MAC (Media Access Control) 層処理部14とを備える。

【0023】

送信部13は、マルチアンテナ送信信号処理部24と、サブキャリア配置部23と、IFFT部 (Inverse First Fourier Transform) 22と、CP (Cyclic Prefix) 付加部21と、RF (Radio Frequency) 部20とを備える。

【0024】

サブキャリア配置部23は、たとえばPUSC (Partial Usage of Subchannels) に基づいて、サブキャリアを配置する。

【0025】

マルチアンテナ送信信号処理部24は、マルチステアリングとビームフォーミングの両方を実現するアダプティブアレイ送信方式が指定された場合には、MMSE (Minimum Mean Square Error) 規範のRLS (Recursive Least Squares)、LMS (Least Mean Square)、SMI (Sample Matrix Inversion) などを用いたアルゴリズムに基づいて、伝搬路の応答ベクトルを求めることによって、アダプティブアレイ送信を行なう。

【0026】

マルチアンテナ送信信号処理部24は、マルチステアリングを含まないビームフォーミング専用送信方式が指定された場合には、MRT (Maximum Ratio Transmission) やSVD (Singular Value Decomposition)、EBB (Eigenvalue Based Beamforming) などを用いたアルゴリズムに基づいて、所望波情報に特化して送信ウェイトを求めることで、ビームフォーミング専用通信を行なう。MRTについては、文献 (「移動通信」、オーム社、笹岡秀一編著) に記載されている。また、SVDについては、文献 (「わかりやすいMIMOシステ

10

20

30

40

50

ム技術」、オーム社、大鐘武雄 / 小川恭孝共著)に記載されている。

【0027】

IFFT部22は、マルチアンテナ送信信号処理部24から出力される複数のサブキャリア信号(周波数領域の信号)をIFFTによって、時間領域の信号(OFDMAシンボル)に変換する。

【0028】

CP付加部21は、OFDMAシンボルの後尾部分と同じ信号をCPとしてOFDMAシンボルの先頭に付加する。

【0029】

RF部20は、無線周波数帯にアップコンバートするアップコンバータ、アップコンバートされた信号を増幅する電力増幅回路、増幅された信号のうち所望帯域の信号成分のみを通過させて、サーキュレータ82, 83を介して第1のアンテナ10および第2のアンテナ11へ出力するバンドパスフィルタなどを含む。

10

【0030】

受信部12は、RF部15と、CP除去部16と、FFT部17と、サブキャリア配置部18と、マルチアンテナ受信信号処理部81とを備える。

【0031】

RF部15は、第1のアンテナ10および第2のアンテナ11から出力され、サーキュレータ82, 83を介して送られる信号のうち所望帯域の信号成分のみを通過させるバンドパスフィルタ、RF信号を増幅する低雑音増幅回路、RF信号をダウンコンバートする

20

【0032】

CP除去部16は、RF部15から出力される信号からCPを除去する。

FFT部17は、CP除去部16から出力される時間領域の信号をFFTによって、周波数領域の信号に変換して、複数のサブキャリアに復調する。

【0033】

サブキャリア配置部18は、たとえばPUSCに基づいて、FFT部17から出力される各サブキャリアを抽出する。

【0034】

マルチアンテナ受信信号処理部81は、アダプティブアレイ受信が指示された場合には、サブキャリア配置部18から出力される信号をアダプティブアレイ受信処理する。

30

【0035】

MAC層処理部14は、ユーザデータ送信管理部34と、符号化部33と、変調部32と、復調部25と、復号部26と、ユーザデータ受信管理部27と、制御部35とを備える。

【0036】

ユーザデータ送信管理部34は、無線端末3へ送信するユーザデータを管理する。

符号化部33は、ダウンリンク信号を符号化する。

【0037】

変調部32は、無線端末3へのダウンリンク信号を変調する。

復調部25は、無線端末3からのアップリンク信号を復調する。

40

【0038】

復号部26は、復調されたアップリンク信号を復号する。

ユーザデータ受信管理部27は、無線端末3から受信したユーザデータを管理する。

【0039】

制御部91は、DL割当部42と、評価信号要求部43と、評価値演算部44と、送信方式決定部45とを含む。

【0040】

DL割当部42は、ダウンリンク通信を要求している新規ユーザ(端末)に対して、ダウンリンクユーザデータ領域のいずれかの箇所を仮に割当てる。

50

## 【 0 0 4 1 】

評価信号要求部 4 3 は、仮割当てしてダウンリンクユーザデータ領域の周波数（サブキャリア）の少なくとも一部を含む周波数（サブキャリア）を含むサウンディング信号（既知信号）を送信するように新規ユーザに指示する。評価信号要求部 4 3 は、新規ユーザが、指示された周波数（サブキャリア）を含むサウンディング信号をアップリンクのサウンディングゾーンで継続送信してくるのを受信する。また、自局および/または他の無線基地局と通信しているユーザ（端末）が、サウンディングゾーンでサウンディング信号を継続送信している場合には、評価信号要求部 4 3 は、これを受信する。

## 【 0 0 4 2 】

評価値演算部 4 4 は、受信したサウンディング信号から受信応答ベクトルを抽出する。評価値演算部 4 4 は、新規ユーザとペアを構成するユーザをサウンディング信号の送信元の複数の端末から逐次選択する。

10

## 【 0 0 4 3 】

評価値演算部 4 4 は、ペアを構成する一方のユーザ（ユーザ X とする）の無線端末からのサウンディングゾーンの複数のサブキャリア（たとえば連続する 4 つのサブキャリア）で送信されるサウンディング信号の受信応答ベクトルと、ペアを構成する他方のユーザ（ユーザ Y とする）の無線端末からのサウンディングゾーンの複数のサブキャリアで伝送されるサウンディング信号の受信応答ベクトルとを算出する。

## 【 0 0 4 4 】

第 1 のアンテナ 1 0 で受信したサウンディングゾーンの複数のサブキャリアの受信信号  $X_1(t)$ 、および第 2 のアンテナ 1 1 で受信したサウンディングゾーンの複数のサブキャリアの受信信号  $X_2(t)$  は、ユーザ X の無線端末から送信されたサウンディングゾーンの複数のサブキャリアのサウンディング信号  $S_1(t)$  と、ユーザ Y の無線端末から送信されたサウンディングゾーンの複数のサブキャリアのサウンディング信号  $S_2(t)$  と、ユーザ X の無線端末からのサウンディングゾーンの複数のサブキャリアのサウンディング信号の受信応答ベクトル  $H_1 (= [h_{11}, h_{21}]^T)$  と、ユーザ Y の無線端末からの複数のサブキャリアのサウンディング信号の受信応答ベクトル  $H_2 (= [h_{12}, h_{22}]^T)$  を用いて、次の式 ( 1 )、( 2 ) で表わされる。

20

## 【 0 0 4 5 】

$$X_1(t) = h_{11} \times S_1(t) + h_{12} \times S_2(t) + N_1(t) \quad \dots \quad (1)$$

30

$$X_2(t) = h_{21} \times S_1(t) + h_{22} \times S_2(t) + N_2(t) \quad \dots \quad (2)$$

ただし、 $N_1(t)$  は、第 1 のアンテナ 1 0 で受信した受信信号  $X_1(t)$  に含まれるノイズ成分であり、 $N_2(t)$  は、第 2 のアンテナ 1 1 で受信した受信信号  $X_2(t)$  に含まれるノイズ成分である。

## 【 0 0 4 6 】

評価値演算部 4 4 は、次の式 ( 3 )、( 4 ) に従って、ユーザ X の無線端末からのサウンディングゾーンの複数のサブキャリアのサウンディング信号の受信応答ベクトル  $H_1$  と、ユーザ Y の無線端末からのサウンディングゾーンの複数のサブキャリアのサウンディング信号の受信応答ベクトル  $H_2$  を算出する。

## 【 0 0 4 7 】

$$H_1 = [h_{11}, h_{21}]^T = [E[X_1(t)U_1^*(t)], E[X_2(t)U_1^*(t)]]^T \quad \dots \quad (3)$$

40

$$H_2 = [h_{12}, h_{22}]^T = [E[X_1(t)U_2^*(t)], E[X_2(t)U_2^*(t)]]^T \quad \dots \quad (4)$$

ここで、 $U_1(t)$  は、無線基地局側で保持している  $S_1(t)$  と同一の信号であり、 $U_2(t)$  は、無線基地局側で保持している  $S_2(t)$  と同一の信号である。 $U_1^*(t)$  は、 $U_1(t)$  の複素共役であり、 $U_2^*(t)$  は、 $U_2(t)$  の複素共役である。 $E(X)$  は、 $X$  のアンサンブル平均（時間平均）を表わす。

## 【 0 0 4 8 】

評価値演算部 4 4 は、受信応答ベクトル  $H_1$ 、 $H_2$  から空間相関係数  $C$  を、以下の式 ( 5 ) で算出する。

## 【 0 0 4 9 】

50

$$C = | (H1 \cdot H2) | / ( |H1| \times |H2| ) \dots (5)$$

ここで、 $(X \cdot Y)$  は、ベクトル  $X$  とベクトル  $Y$  の内積を表わし、 $|X|$  は、ベクトル  $X$  の大きさを表わす。

【0050】

評価値演算部 44 は、算出した複数個のサブキャリアの各キャリアごとの空間相関係数  $C$  をサウンディングゾーンに含まれる全サブキャリア分について平均した平均空間相関係数  $M\_SR$  を算出する。たとえば、評価値演算部 44 は、全サブキャリアが 1024 個の場合に、連続する 4 個のサブキャリアごとの空間相関係数  $C$  を 256 個取得して、256 個の空間相関係数  $C$  を平均して平均空間相関係数  $M\_SR$  を算出する。

【0051】

評価値演算部 44 は、すべての可能なペアの各々について、上記のような平均空間相関係数  $M\_SR$  を算出する。評価値演算部 44 は、すべての可能なペアの各々について、平均空間相関係数  $M\_SR$  が最小となるペアと、最小値  $MINSR$  を特定する。

【0052】

送信方式決定部 45 は、最小値  $MINSR$  が閾値  $TH1$  以下の場合には、マルチアンテナ送信信号処理部に対して、アダプティブアレイ送信方式で、新規ユーザへのダウンリンク通信を送信するように指示する。送信方式決定部 45 は、最小値  $MINSR$  が閾値  $TH1$  を超えている場合で、かつダウンリンクユーザデータ領域の仮割当てを別の領域に変更不可能な場合には、マルチアンテナ送信信号処理部に対して、ビームフォーミング専用送信方式で、新規ユーザへのダウンリンク通信を送信するように指示する。

【0053】

DL割当部 42 は、最小値  $MINSR$  が閾値  $TH1$  以下の場合には、仮割当てしたダウンリンクユーザデータ領域を正式に新規ユーザに割当てる。DL割当部 42 は、最小値  $MINSR$  が閾値  $TH1$  を超えている場合で、かつダウンリンクユーザデータ領域の仮割当てを別の領域に変更不可能な場合には、仮割当てしたダウンリンクユーザデータ領域を正式に新規ユーザに割当てる。DL割当部 42 は、最小値  $MINSR$  が閾値  $TH1$  を越えている場合で、かつダウンリンクユーザデータ領域の仮割当てを別の領域に変更可能な場合には、ダウンリンク通信を要求している新規ユーザ（端末）に対するダウンリンクユーザデータ領域の仮割当てを別の領域に変更する。

【0054】

（動作）

図 3 は、第 1 の実施形態における無線基地局によるダウンリンク通信の送信方式の決定手順を示すフローチャートである。

【0055】

図 3 を参照して、まず、DL割当部 42 は、ダウンリンク通信を要求している新規ユーザ（端末）にダウンリンクユーザデータ領域のいずれかの箇所を仮に割当てる（ステップ S101）。

【0056】

次に、評価信号要求部 43 は、仮割当てしてダウンリンクユーザデータ領域の周波数（サブキャリア）の少なくとも一部を含む周波数（サブキャリア）を含むサウンディング信号を送信するように新規ユーザに指示する。新規ユーザは、指示された周波数（サブキャリア）を含むサウンディング信号をアップリンクのサウンディングゾーンで継続送信し、評価信号要求部 43 は、これを受信する。また、自局および/または他の無線基地局と通信しているユーザ（端末）が、サウンディングゾーンでサウンディング信号を継続送信している場合には、評価信号要求部 43 は、これを受信する。なお、評価信号要求部 43 が、自局および/または他の無線基地局と通信しているユーザ（端末）に対して、サウンディングゾーンでサウンディング信号を継続送信するように指示してもよい。

【0057】

たとえば、図 4 に示すように、無線基地局 # 1 がユーザ A と通信し、無線基地局 # 2 がユーザ C およびユーザ D と通信しているとする。新規ユーザ B が無線基地局 # 1 に対して

10

20

30

40

50



ダウンリンク通信を要求したとする。

【 0 0 5 8 】

図 5 ( a ) は、無線基地局 # 1 が送受信する OFDMA フレームを示し、図 5 ( b ) は、無線基地局 # 2 が送受信する OFDMA を示す。ユーザ A、ユーザ C、ユーザ D は、割当てられているダウンリンクユーザデータ領域の周波数 (サブキャリア) の少なくとも一部の周波数 (サブキャリア) を含むサウンディング信号を上りサブフレームのサウンディングゾーンで送信する。ユーザ B も、同様に仮割当てされたダウンリンクユーザデータ領域の周波数 (サブキャリア) の少なくとも一部の周波数 (サブキャリア) を含むサウンディング信号を上りサブフレームのサウンディングゾーンで送信する (ステップ S 1 0 2 )。

10

【 0 0 5 9 】

評価値演算部 4 4 は、ステップ S 1 0 2 で受信したサウンディング信号から受信応答ベクトルを抽出する。評価値演算部 4 4 は、新規ユーザとペアを構成するユーザをサウンディング信号の送信元の複数の端末から選択する。評価値演算部 4 4 は、各ペアについて、それらの受信応答ベクトルを生成する。評価値演算部 4 4 は、受信応答ベクトルから空間相関係数 C を算出する。評価値演算部 4 4 は、算出した複数のサブキャリアごとの空間相関係数 C をサウンディングゾーンに含まれる全サブキャリア分について平均した平均空間相関係数  $M\_SR$  を算出する。評価値演算部 4 4 は、すべての可能なペアの各々について、平均空間相関係数  $M\_SR$  が最小となるペアと、最小値  $MINSR$  を特定する (ステップ S 1 0 3 )。

20

【 0 0 6 0 】

ステップ S 1 0 3 で特定した最小値  $MINSR$  が閾値  $TH1$  以下の場合には (ステップ S 1 0 4 で YES)、DL 割当部 4 2 は、仮割当てしたダウンリンクユーザデータ領域を正式に新規ユーザに割当てる (ステップ S 1 0 5)。さらに、送信方式決定部 4 5 は、マルチアンテナ送信信号処理部 2 4 に対して、アダプティブアレイ送信方式で、新規ユーザへのダウンリンク通信を送信するように指示する。この場合、新規ユーザには、ビームが向けられ、ステップ S 1 0 3 で特定されたペアの相手方のユーザには、ヌルが向けられる。

【 0 0 6 1 】

平均空間相関係数  $M\_SR$  が最小となるのが、ユーザ B とユーザ D のペアの場合には、図 6 に示すように、ユーザ B のダウンリンク通信方式がアダプティブアレイ送信方式に決定され、ユーザ B へビームが向けられ、ユーザ D にヌルが向けられる (ステップ S 1 0 6 )。

30

【 0 0 6 2 】

ステップ S 1 0 3 で特定した最小値  $MINSR$  が閾値  $TH1$  を超える場合で (ステップ S 1 0 4 で NO)、かつダウンリンクユーザデータ領域の仮割当てを別の領域に変更不可能な場合には (ステップ S 1 0 7 で NO)、DL 割当部 4 2 は、仮割当てしたダウンリンクユーザデータ領域を正式に新規ユーザに割当てる (ステップ S 1 0 8)。さらに、送信方式決定部 4 5 は、マルチアンテナ送信信号処理部 2 4 に対して、ビームフォーミング専用送信方式で、新規ユーザへのダウンリンク通信を送信するように指示する (ステップ S 1 0 9 )。

40

【 0 0 6 3 】

ステップ S 1 0 3 で特定した最小値  $MINSR$  が閾値  $TH1$  を超える場合で (ステップ S 1 0 4 で NO)、かつダウンリンクユーザデータ領域の仮割当てを別の領域に変更可能な場合には (ステップ S 1 0 7 で YES)、DL 割当部 4 2 は、ダウンリンクユーザデータ領域の仮割当てを別の領域に変更する (ステップ S 1 1 0 )。

【 0 0 6 4 】

(効果)

以上のように本実施の形態では、端末から送信されるサウンディング信号 (既知信号) によって伝送路の特性を把握することによって、干渉端末へのヌルステアリング送信の効

50

果が得られない場合にはヌルステアリング送信を行わずに、所望端末方向へのビームフォーミング専用送信に特化することで自セル内での性能劣化を回避することでき、システム全体での周波数利用効率の向上が実現できる。

【 0 0 6 5 】

[ 第 2 の実施形態 ]

( 構成 )

図 7 は、第 2 の実施形態の無線基地局 ( 通信装置 ) の構成を表わす図である。

【 0 0 6 6 】

図 7 の無線基地局が、図 1 の第 1 の実施の形態の無線基地局と相違する点は、以下である。

【 0 0 6 7 】

制御部 9 2 は、DL 割当部 5 2 と、評価信号要求部 5 3 と、評価値演算部 5 4 と、送信方式決定部 5 5 とを含む。

【 0 0 6 8 】

DL 割当部 5 2 は、ダウンリンク通信を要求している新規ユーザ ( 端末 ) に対して、ダウンリンクユーザデータ領域のいずれかの箇所を仮に割当てる。

【 0 0 6 9 】

評価信号要求部 5 3 は、仮割当てしてダウンリンクユーザデータ領域の周波数 ( サブキャリア ) の少なくとも一部を含む周波数 ( サブキャリア ) を含むアップリンクユーザデータ領域で評価信号を送信するように新規ユーザに指示する。評価信号要求部 5 3 は、新規ユーザが、指示されたアップリンクユーザデータ領域で評価信号を継続送信してくるのを受信する。また、自局および / または他の無線基地局と通信しているユーザ ( 端末 ) が、このアップリンクユーザデータ領域が割当てられている場合には、評価信号要求部 5 3 は、これらのユーザ ( 端末 ) が送信する評価信号を干渉波として受信する。

【 0 0 7 0 】

評価値演算部 5 4 は、受信した評価信号をマルチアンテナ受信信号処理部 8 1 でアダプティブアレイ受信処理する前の I Q 信号から E V M ( Error Vector Magnitude ) を計算し、これを E V M 1 とする。E V M は、I Q コンスタレーションにおいて理想変調信号と測定変調信号の位置ずれを理想変調信号で正規化したものである。また、評価値演算部 5 4 は、受信した評価信号をマルチアンテナ受信信号処理部 8 1 でアダプティブアレイ受信処理した後の I Q 信号から E V M を計算し、これを E V M 2 とする。

【 0 0 7 1 】

送信方式決定部 5 5 は、E V M 1 と E V M 2 との差が、閾値 T H 2 を超えている場合には、マルチアンテナ送信信号処理部 2 4 に対して、アダプティブアレイ送信方式で、新規ユーザへのダウンリンク通信を送信するように指示する。

【 0 0 7 2 】

送信方式決定部 5 5 は、E V M 1 と E V M 2 との差が、閾値 T H 2 以下の場合で、かつダウンリンクユーザデータ領域の仮割当てを別の領域に変更不可能な場合にはマルチアンテナ送信信号処理部 2 4 に対して、ビームフォーミング専用送信方式で、新規ユーザへのダウンリンク通信を送信するように指示する。

【 0 0 7 3 】

DL 割当部 5 2 は、E V M 1 と E V M 2 との差が、閾値 T H 2 を超えている場合には、仮割当てしたダウンリンクユーザデータ領域を正式に新規ユーザに割当てる。

【 0 0 7 4 】

DL 割当部 5 2 は、E V M 1 と E V M 2 との差が、閾値 T H 2 以下の場合で、かつダウンリンクユーザデータ領域の仮割当てを別の領域に変更不可能な場合には、仮割当てしたダウンリンクユーザデータ領域を正式に新規ユーザに割当てる。

【 0 0 7 5 】

DL 割当部 5 2 は、E V M 1 と E V M 2 との差が、閾値 T H 2 以下の場合で、かつダウンリンクユーザデータ領域の仮割当てを別の領域に変更可能な場合には、ダウンリンク通

10

20

30

40

50

信を要求している新規ユーザ（端末）に対するダウンリンクユーザデータ領域の仮割当て箇所を変更する。

【0076】

（動作）

図8は、第2の実施形態における無線基地局によるダウンリンク通信の送信方式の決定手順を示すフローチャートである。

【0077】

図8を参照して、まず、DL割当て部52は、ダウンリンク通信を要求している新規ユーザ（端末）にダウンリンクユーザデータ領域のいずれかの箇所を仮に割当てする（ステップS200）。

10

【0078】

次に、評価信号要求部53は、仮割当てしてダウンリンクユーザデータ領域の周波数（サブキャリア）の少なくとも一部の周波数（サブキャリア）を含むアップリンクユーザデータ領域で評価信号を送信するように新規ユーザに指示する。

【0079】

新規ユーザは、指示されたアップリンクユーザデータ領域で評価信号を継続送信する。また、自局および/または他の無線基地局と通信しているユーザ（端末）が、このアップリンクユーザデータ領域が割当てられている場合には、このアップリンクユーザデータ領域で評価信号を継続送信する。

【0080】

20

たとえば、図9に示すように、無線基地局#1がユーザAと通信し、無線基地局#2がユーザCおよびユーザDと通信しているとする。新規ユーザBが無線基地局#1に対してダウンリンク通信を要求したとする。

【0081】

図10(a)は、無線基地局#1が送受信するOFDMAフレームを示し、図10(b)は、無線基地局#2が送受信するOFDMAを示す。ユーザA、ユーザC、ユーザDは、割当てられているダウンリンクユーザデータ領域の周波数（サブキャリア）の少なくとも一部の周波数（サブキャリア）を含むアップリンクユーザデータ領域で評価信号を送信する。ユーザBも、同様に仮割当てされたダウンリンクユーザデータ領域の周波数（サブキャリア）の少なくとも一部の周波数（サブキャリア）を含むアップリンクユーザデータ領域で評価信号を送信する（ステップS201）。

30

【0082】

評価値演算部54は、受信した評価信号をマルチアンテナ受信信号処理部81でアダプティブアレイ受信処理する前のIQ信号からEVM（Error Vector Magnitude）を計算し、これをEVM1とする（ステップS202）。

【0083】

次に、評価値演算部54は、受信した評価信号をマルチアンテナ受信信号処理部81でアダプティブアレイ受信処理した後のIQ信号からEVMを計算し、これをEVM2とする（ステップS203）。

【0084】

40

評価値演算部54は、受信した評価信号のEVMを計算し、これをEVM2とする（ステップS205）。

【0085】

EVM1とEVM2との差が、閾値TH2を超えている場合には（ステップS206でYES）、DL割当て部52は、仮割当てしたダウンリンクユーザデータ領域を正式に新規ユーザに割当てする（ステップS207）。さらに、送信方式決定部55は、マルチアンテナ送信信号処理部24に対して、アダプティブアレイ送信方式で、新規ユーザへのダウンリンク通信を送信するように指示する。

【0086】

EVM1とEVM2との差が、閾値TH2を超えている場合には、図11に示すように

50

、ユーザBのダウンリンク通信方式がアダプティブアレイ送信方式に決定され、ユーザBへビームが向けられ、ユーザDにヌルが向けられる（ステップS208）。

【0087】

EVM1とEVM2との差が、閾値TH2以下の場合で（ステップS206でNO）、かつダウンリンクユーザデータ領域の仮割当てを別の領域に変更不可能な場合には（ステップS209でNO）、DL割当部52は、仮割当てしたダウンリンクユーザデータ領域を正式に新規ユーザに割当てる（ステップS210）。さらに、送信方式決定部55は、マルチアンテナ送信信号処理部24に対して、ビームフォーミング専用送信方式で、新規ユーザへのダウンリンク通信を送信するように指示する（ステップS211）。

【0088】

EVM1とEVM2との差が、閾値TH2以下の場合で（ステップS206でNO）、かつダウンリンクユーザデータ領域の仮割当てを別の領域に変更可能な場合には（ステップS209でYES）、ダウンリンクユーザデータ領域の仮割当てを別の領域に変更する（ステップS212）。

【0089】

（効果）

以上のように本実施の形態では、端末から送信される信号をアダプティブアレイ受信することによる効果を把握することによって、干渉端末へのヌルステアリング送信の効果が得られない場合にはヌルステアリング送信を行わずに、所望端末方向へのビームフォーミング専用送信に特化することで自セル内での性能劣化を回避することでき、システム全体での周波数利用効率の向上が実現できる。

【0090】

〔第3の実施形態〕

（構成）

図12は、第3の実施形態の無線基地局（通信装置）の構成を表わす図である。

【0091】

図12の無線基地局が、図1の第1の実施の形態の無線基地局と相違する点は、以下である。

【0092】

制御部93は、DL割当部62と、評価信号要求部63と、評価値演算部64と、送信方式決定部65とを含む。

【0093】

DL割当部62は、ダウンリンク通信を要求している新規ユーザ（端末）が発生した場合に、新規ユーザおよび通信中のユーザに対して、プロポーショナル・フェアネスなどのダウンリンクスケジューリングアルゴリズムによってダウンリンクユーザデータ領域を割当てる。

【0094】

プロポーショナル・フェアネスとは、無線端末との伝送路の電波状態に応じて割当てるデータ量を変化させることによって、効率と公平さを同時に実現するようにスロットを割当てるスケジューリングアルゴリズムである。このアルゴリズムでは、良好な環境にある無線端末へは、多くのデータを伝送することによって短時間で伝送を完了させることによって効率化を図る。また、無線端末への送信履歴を参照して、過去に多くのデータを送信している場合には優先度を落とすことによって公平性を保つ。

【0095】

評価信号要求部63は、割当てたダウンリンクユーザデータ領域の周波数（サブキャリア）の少なくとも一部の周波数（サブキャリア）を含むサウンディング信号を送信するように新規ユーザおよび通信中のユーザに指示する。新規ユーザおよび通信中のユーザは、指示された周波数（サブキャリア）を含むサウンディング信号をアップリンクのサウンディングゾーンで継続送信し、評価信号要求部63は、これを受信する。また、他の無線基地局と通信しているユーザ（端末）が、サウンディングゾーンでサウンディング信号を継

10

20

30

40

50

続送信している場合には、評価信号要求部 6 3 は、これを受信する。

【 0 0 9 6 】

評価値演算部 6 4 は、受信したサウンディング信号から受信応答ベクトルを抽出する。評価値演算部 6 4 は、選択したユーザとペアを構成するユーザをサウンディング信号の送信元の複数の端末から逐次選択して、第 1 の実施形態と同様に、すべてのペアの平均空間相関係数  $M\_SR$  のうちの最小値  $MINSR$  を特定する。

【 0 0 9 7 】

送信方式決定部 6 5 は、最小値  $MINSR$  が閾値  $TH1$  以下の場合には、マルチアンテナ送信信号処理部 2 4 に対して、アダプティブアレイ送信方式で、選択したユーザへのダウンリンク通信を送信するように指示する。送信方式決定部 6 5 は、最小値  $MINSR$  が閾値  $TH1$  を超える場合で、かつダウンリンクユーザデータ領域の仮割当てを別の領域に変更不可能な場合には、マルチアンテナ送信信号処理部 2 4 に対して、ビームフォーミング専用送信方式で、選択したユーザへのダウンリンク通信を送信するように指示する。

【 0 0 9 8 】

(動作)

図 1 3 は、第 3 の実施形態における無線基地局によるダウンリンク通信の送信方式の決定手順を示すフローチャートである。

【 0 0 9 9 】

図 1 3 を参照して、まず、DL 割当部 6 2 は、ダウンリンク通信を要求している新規ユーザ (端末) が発生した場合に、新規ユーザおよび通信中のユーザに対して、プロポーションアル・フェアネスによってダウンリンクユーザデータ領域を割当てる (ステップ S 3 0 1)。

【 0 1 0 0 】

次に、評価信号要求部 6 3 は、割当てたダウンリンクユーザデータ領域の周波数 (サブキャリア) の少なくとも一部の周波数 (サブキャリア) を含むサウンディング信号を送信するように新規ユーザおよび通信中のユーザに指示する。新規ユーザおよび通信中のユーザは、指示された周波数 (サブキャリア) を含むサウンディング信号をアップリンクのサウンディングゾーンで継続送信し、評価信号要求部 6 3 は、これを受信する。また、他の無線基地局と通信しているユーザ (端末) が、サウンディングゾーンでサウンディング信号を継続送信している場合には、評価信号要求部 6 3 は、これを受信する。なお、評価信号要求部 6 3 が、他の無線基地局と通信しているユーザ (端末) に対して、サウンディングゾーンでサウンディング信号を継続送信するように指示してもよい。

【 0 1 0 1 】

たとえば、図 1 4 に示すように、無線基地局 # 1 がユーザ A と通信し、無線基地局 # 2 がユーザ C およびユーザ D と通信しているとする。新規ユーザ B が無線基地局 # 1 に対してダウンリンク通信を要求したとする。

【 0 1 0 2 】

図 1 5 ( a ) は、無線基地局 # 1 が送受信する OFDMA フレームを示し、図 1 5 ( b ) は、無線基地局 # 2 が送受信する OFDMA を示す。ユーザ A、ユーザ B、ユーザ C、ユーザ D は、割当てられているダウンリンクユーザデータ領域の周波数 (サブキャリア) の少なくとも一部の周波数 (サブキャリア) を含むサウンディング信号を上りサブフレームのサウンディングゾーンで送信する (ステップ S 3 0 2)。

【 0 1 0 3 】

評価値演算部 6 4 は、自局の新規ユーザおよび通信中のユーザの中から、未選択のユーザ (無線端末) を 1 つ選択する (ステップ S 3 0 3)。

【 0 1 0 4 】

評価値演算部 6 4 は、ステップ S 3 0 2 で受信したサウンディング信号から受信応答ベクトルベクトルを抽出する。評価値演算部 6 4 は、選択したユーザとペアを構成するユーザをサウンディング信号の送信元の複数の端末の中から逐次選択する。評価値演算部 6 4 は、各ペアについて、それらの受信応答ベクトルを生成する。評価値演算部 6 4 は、受信

10

20

30

40

50

応答ベクトルから空間相関係数  $C$  を算出する。評価値演算部 64 は、算出した複数個のサブキャリアごとの空間相関係数  $C$  をサウンディングゾーンに含まれる全サブキャリア分について平均した平均空間相関係数  $M\_SR$  を算出する。評価値演算部 64 は、すべての可能なペアの各々について、平均空間相関係数  $M\_SR$  が最小となるペアと、最小値  $MIN\_SR$  を特定する (ステップ S304)。

【0105】

ステップ S304 で特定した最小値  $MIN\_SR$  が閾値  $TH1$  以下場合には (ステップ S305 で YES)、送信方式決定部 65 は、マルチアンテナ送信信号処理部 24 に対して、アダプティブアレイ送信方式で、選択したユーザへのダウンリンク通信を送信するように指示する。この場合、選択したユーザには、ビームが向けられ、ステップ S304 で特定されたペアの相手方のユーザには、ヌルが向けられる。

10

【0106】

選択したユーザがユーザ A のときに、ユーザ C とペアを構成したときには、平均空間相関係数  $M\_SR$  が最小となる場合には、図 16 に示すように、ユーザ A のダウンリンク通信方式がアダプティブアレイ送信方式に決定され、ユーザ C へビームが向けられ、ユーザ D にヌルが向けられる (ステップ S306)。

【0107】

ステップ S304 で特定した最小値  $MIN\_SR$  が閾値  $TH1$  を超える場合には (ステップ S305 で NO)、送信方式決定部 65 は、マルチアンテナ送信信号処理部 24 に対して、ビームフォーミング専用送信方式で、選択したユーザへのダウンリンク通信を送信するように指示する (ステップ S307)。

20

【0108】

評価値演算部 64 は、自局の新規ユーザおよび通信中のユーザの中に、未選択のユーザ (無線端末) がある場合には (ステップ S308 で YES)、ステップ S303 に戻る。

【0109】

(効果)

以上のように本実施の形態では、第 1 の実施形態と同様に、端末から送信されるサウンディング信号 (既知信号) によって伝送路の特性を把握することによって、干渉端末へのヌルステアリング送信の効果が得られない場合にはヌルステアリング送信を行わずに、所望端末方向へのビームフォーミング専用送信に特化することで自セル内での性能劣化を回避ことができ、システム全体での周波数利用効率の向上が実現できる。また、本実施の形態では、ダウンリンクスケジュールによって無線端末へのダウンリンクユーザデータ領域を割当てた後で、その無線端末への送信方式を決定することができる。

30

【0110】

[第 4 の実施形態]

(構成)

図 17 は、第 4 の実施形態の無線基地局 (通信装置) の構成を表わす図である。

【0111】

図 17 の無線基地局が、図 1 の第 1 の実施の形態の無線基地局と相違する点は、以下である。

40

【0112】

制御部 94 は、DL 割当部 72 と、評価信号要求部 73 と、評価値演算部 74 と、送信方式決定部 75 とを含む。

【0113】

ダウンリンク通信を要求している新規ユーザ (端末) が発生した場合に、新規ユーザおよび通信中のユーザに対して、プロポーショナル・フェアネスによってダウンリンクユーザデータ領域を割当てる。

【0114】

評価信号要求部 73 は、割当てたダウンリンクユーザデータ領域の周波数 (サブキャリア) の少なくとも一部の周波数 (サブキャリア) を含むアップリンクユーザデータ領域で

50

評価信号を送信するように新規ユーザおよび通信中のユーザに指示する。評価信号要求部 73 は、新規ユーザおよび通信中のユーザが、指示されたアップリンクユーザデータ領域で評価信号を継続送信してくるのを受信する。また、他の無線基地局と通信しているユーザ（端末）が、新規ユーザおよび通信中のユーザと同一のアップリンクユーザデータ領域が割当てられている場合には、評価信号要求部 73 は、これらのユーザ（端末）が送信する評価信号を干渉波として受信する。

【0115】

評価値演算部 74 は、選択したユーザに指示したアップリンクユーザデータ領域で受信した評価信号をマルチアンテナ受信信号処理部 81 でアダプティブアレイ受信処理する前の I Q 信号から E V M (Error Vector Magnitude) を計算し、これを E V M 1 とする。また、評価値演算部 74 は、選択したユーザに指示したアップリンクユーザデータ領域で受信した評価信号をマルチアンテナ受信信号処理部 81 でアダプティブアレイ受信処理した後の I Q 信号から E V M を計算し、これを E V M 2 とする。

10

【0116】

送信方式決定部 75 は、E V M 1 と E V M 2 との差が、閾値 T H 2 を超えている場合には、マルチアンテナ送信信号処理部 24 に対して、アダプティブアレイ送信方式で、選択したユーザへのダウンリンク通信を送信するように指示する。

【0117】

送信方式決定部 75 は、E V M 1 と E V M 2 との差が、閾値 T H 2 以下の場合には、マルチアンテナ送信信号処理部 24 に対して、ビームフォーミング専用送信方式で、選択したユーザへのダウンリンク通信を送信するように指示する。

20

【0118】

（動作）

図 18 は、第 4 の実施形態における無線基地局によるダウンリンク通信の送信方式の決定手順を示すフローチャートである。

【0119】

図 18 を参照して、まず、D L 割当部 72 は、ダウンリンク通信を要求している新規ユーザ（端末）が発生した場合に、新規ユーザおよび通信中のユーザに対して、プロポーションナル・フェアネスによってダウンリンクユーザデータ領域を割当てる（ステップ S 400）。

30

【0120】

次に、評価信号要求部 73 は、割当てたダウンリンクユーザデータ領域の周波数（サブキャリア）の少なくとも一部の周波数（サブキャリア）を含むアップリンクユーザデータ領域で評価信号を送信するように新規ユーザおよび通信中のユーザに指示する。

【0121】

新規ユーザおよび通信中のユーザは、指示されたアップリンクユーザデータ領域で評価信号を継続送信する。また、他の無線基地局と通信しているユーザ（端末）が、このアップリンクユーザデータ領域が割当てられている場合には、このアップリンクユーザデータ領域で評価信号を継続送信する。

【0122】

たとえば、図 19 に示すように、無線基地局 # 1 がユーザ A と通信し、無線基地局 # 2 がユーザ C およびユーザ D と通信しているとする。新規ユーザ B が無線基地局 # 1 に対してダウンリンク通信を要求したとする。

40

【0123】

図 20 (a) は、無線基地局 # 1 が送受信する OFDMA フレームを示し、図 20 (b) は、無線基地局 # 2 が送受信する OFDMA を示す。ユーザ A、ユーザ C、ユーザ C、ユーザ D は、割当てられているダウンリンクユーザデータ領域の周波数（サブキャリア）の少なくとも一部の周波数（サブキャリア）を含むアップリンクユーザデータ領域で評価信号を送信する（ステップ S 401）。

【0124】

50

評価値演算部 74 は、自局の新規ユーザおよび通信中のユーザの中から、未選択のユーザ（無線端末）を 1 つ選択する（ステップ S 402）。

【0125】

評価値演算部 74 は、選択したユーザに指示したアップリンクユーザデータ領域で受信した評価信号をマルチアンテナ受信信号処理部 81 でアダプティブアレイ受信処理する前の I Q 信号から E V M（Error Vector Magnitude）を計算し、これを E V M 1 とする（ステップ S 403）。

【0126】

次に、評価値演算部 74 は、選択したユーザに指示したアップリンクユーザデータ領域で受信した評価信号をマルチアンテナ受信信号処理部 81 でアダプティブアレイ受信処理した後の I Q 信号から E V M を計算し、これを E V M 2 とする（ステップ S 404）。

10

【0127】

E V M 1 と E V M 2 との差が、閾値 T H 2 を超えている場合には（ステップ S 407 で Y E S）、送信方式決定部 75 は、マルチアンテナ送信信号処理部 24 に対して、アダプティブアレイ送信方式で、選択したユーザへのダウンリンク通信を送信するように指示する。

【0128】

E V M 1 と E V M 2 との差が、閾値 T H 2 を超えている場合には、図 11 に示すように、ユーザ B のダウンリンク通信方式がアダプティブアレイ送信方式に決定され、ユーザ B へビームが向けられ、ユーザ D にヌルが向けられる（ステップ S 408）。

20

【0129】

E V M 1 と E V M 2 との差が、閾値 T H 2 以下の場合には（ステップ S 407 で N O）、送信方式決定部 75 は、マルチアンテナ送信信号処理部 24 に対して、ビームフォーミング専用送信方式で、選択したユーザへのダウンリンク通信を送信するように指示する（ステップ S 409）。

【0130】

評価値演算部 74 は、自局の新規ユーザおよび通信中のユーザの中に、未選択のユーザ（無線端末）がある場合には（ステップ S 410 で Y E S）、ステップ S 402 に戻る。

【0131】

（効果）

30

以上のように本実施の形態では、第 2 の実施形態と同様に、端末から送信される信号をアダプティブアレイ受信することによる効果を把握することによって、干渉端末へのヌルステアリング送信の効果が得られない場合にはヌルステアリング送信を行わずに、所望端末方向へのビームフォーミング専用送信に特化することで自セル内での性能劣化を回避ことができ、システム全体での周波数利用効率の向上が実現できる。また、本実施の形態では、ダウンリンクスケジューリングによって無線端末へのダウンリンクユーザデータ領域を割当てた後で、その無線端末への送信方式を決定することができる。

【0132】

（変形例）

本発明の実施形態は、上記実施形態に限定されるものではなく、たとえば以下のような変形例も含む。

40

【0133】

（1） 受信品質

本発明の実施形態では、受信信号の品質を表わすものとして E V M を用いたが、これに限定されるものではない。E V M の代わりに、たとえば C I N R を用いることとしてもよい。

【0134】

（2） ダウンリンクスケジューリングアルゴリズム

本発明の実施形態では、ダウンリンクスケジューリングアルゴリズムとして、プロポーションナル・フェアネスを用いたが、これに限定するものではなく、たとえば、無線端末ご

50



とに順次スロットを割当てるラウンドロビン方式を用いることとしてもよい。

【0135】

(3) 無線端末への適用

本発明の実施形態で説明した通信方式の決定手順は、無線基地局にのみ適用可能ではなく、無線端末へも適用することができる。また、本発明の実施形態の通信方式の決定手順は、LTEまたはPHSなどにも適用することができる。

【0136】

(4) サウンディング信号

本発明の第2および第4の実施形態において、アップリンクユーザデータ領域で、評価信号としてサウンディング(既知)信号を送信することとしてもよい。

10

【0137】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

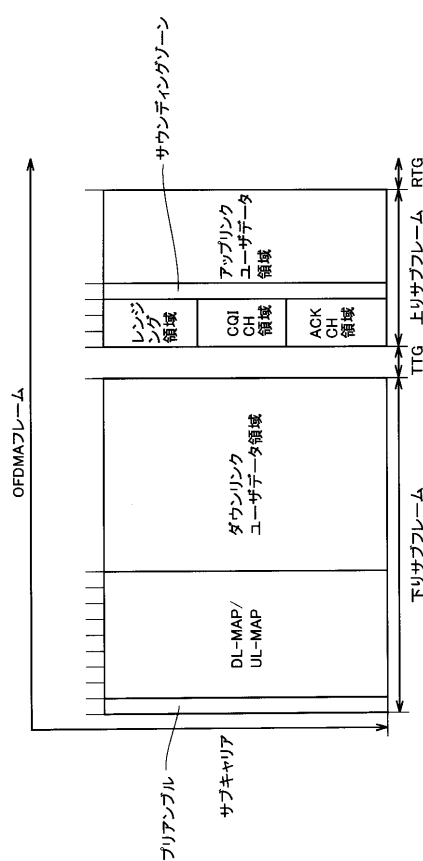
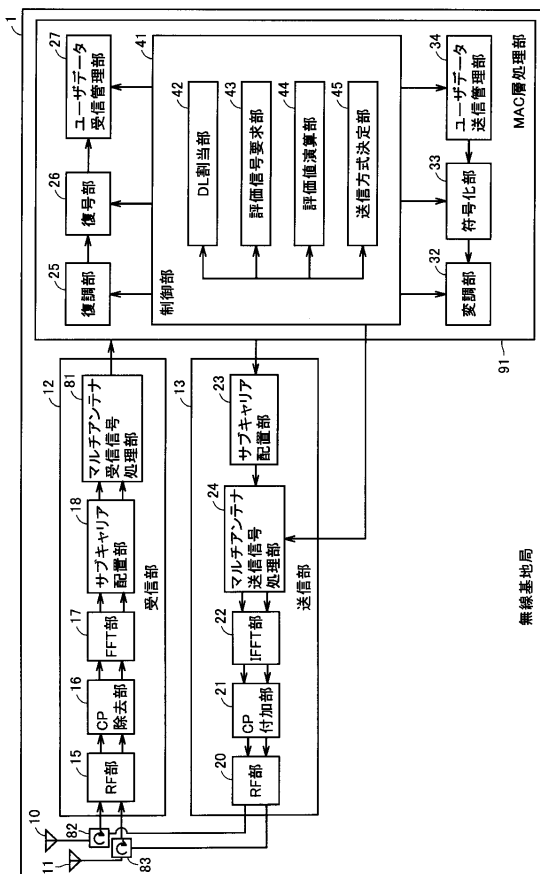
【0138】

10, 11 アンテナ、12 送信部、13 受信部、15, 20 RF部、16 CP除去部、17 FFT部、18, 23 サブキャリア配置部、21 CP付加部、22 IFFT部、24 マルチアンテナ送信信号処理部、25 復調部、26 復号部、27 ユーザデータ受信管理部、32 変調部、33 符号化部、34 ユーザデータ送信管理部、41, 51, 61, 71 制御部、42, 52, 62, 72 DL割当部、43, 53, 63, 73 評価信号要求部、44, 54, 64, 74 評価値演算部、45, 55, 65, 75 送信方式決定部、81 マルチアンテナ受信信号処理部、82, 83 サークキュレータ、91, 92, 93, 94 MAC層処理部。

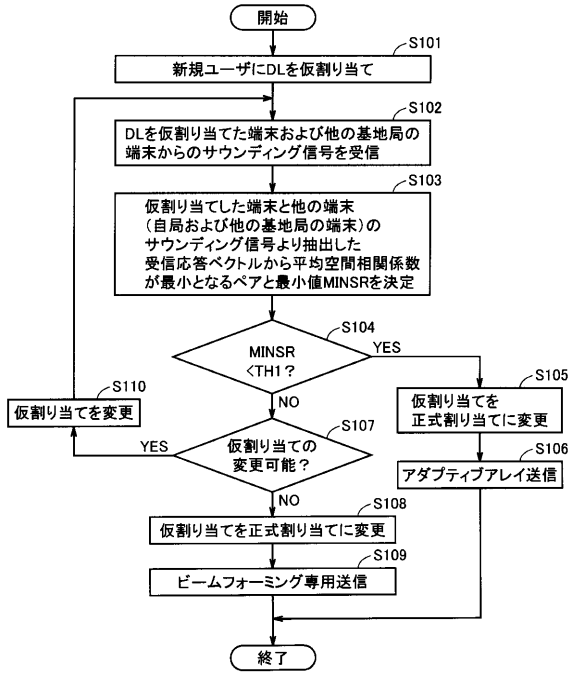
20

【図1】

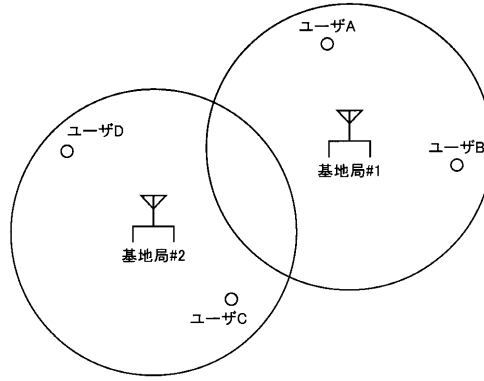
【図2】



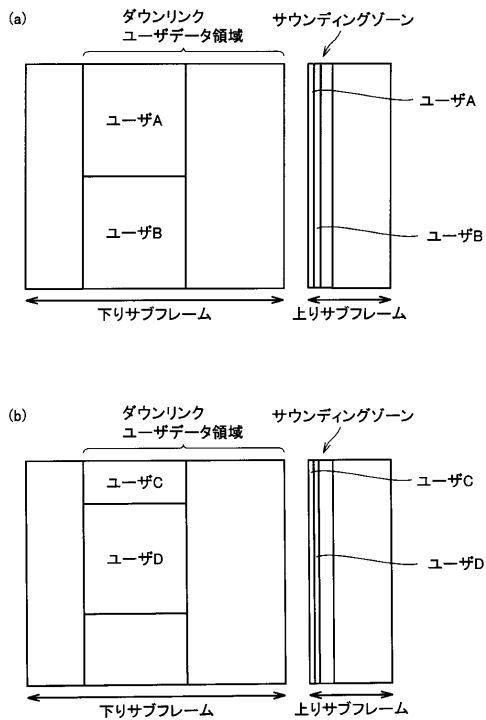
【図3】



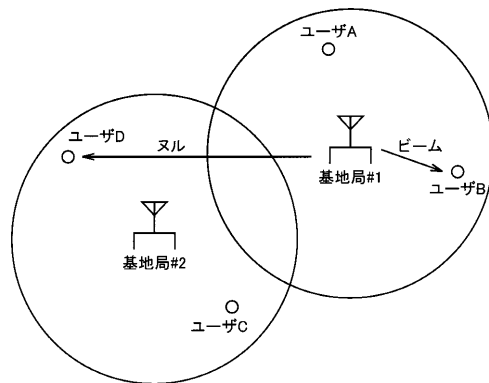
【図4】



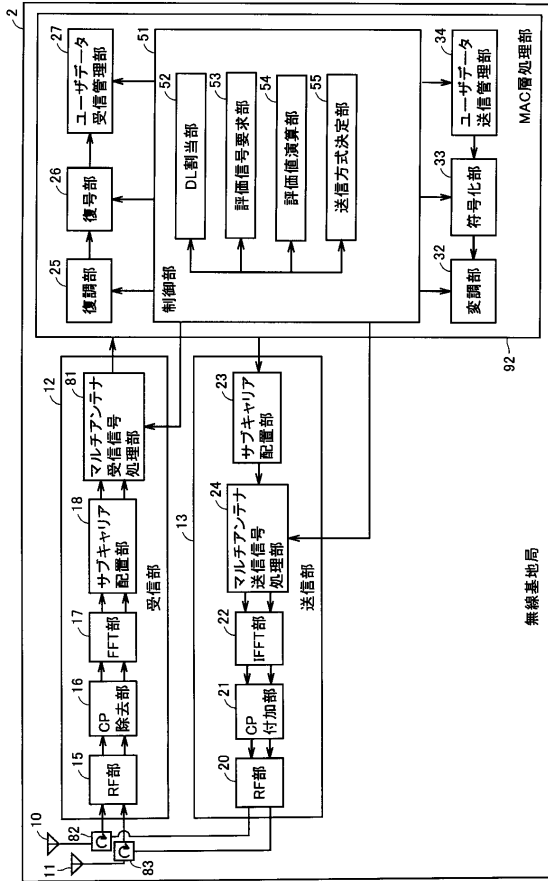
【図5】



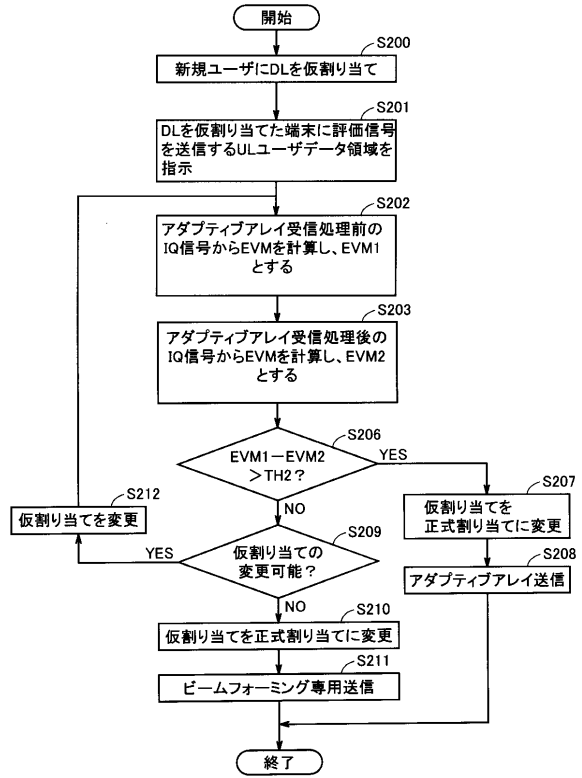
【図6】



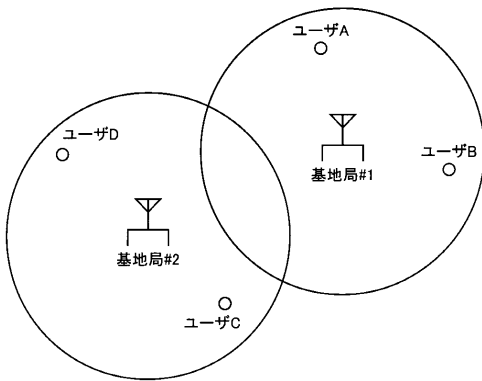
【図7】



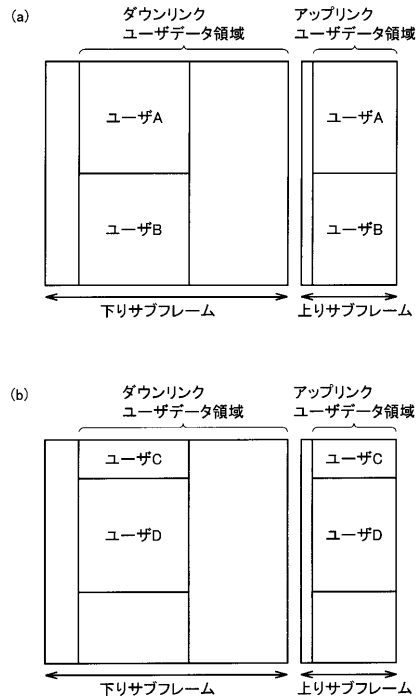
【図8】



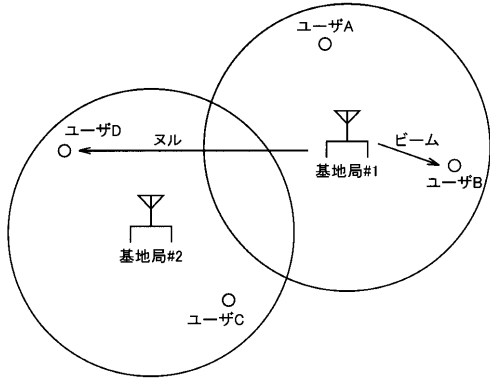
【図9】



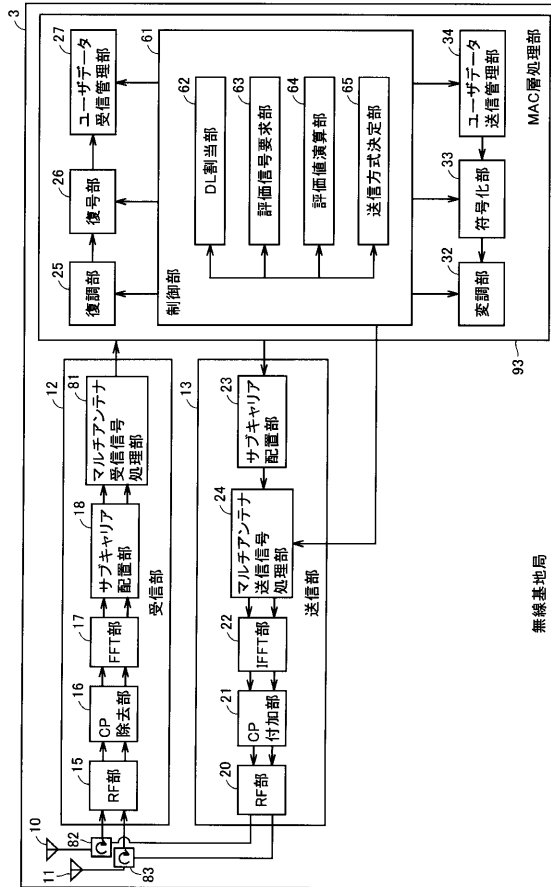
【図10】



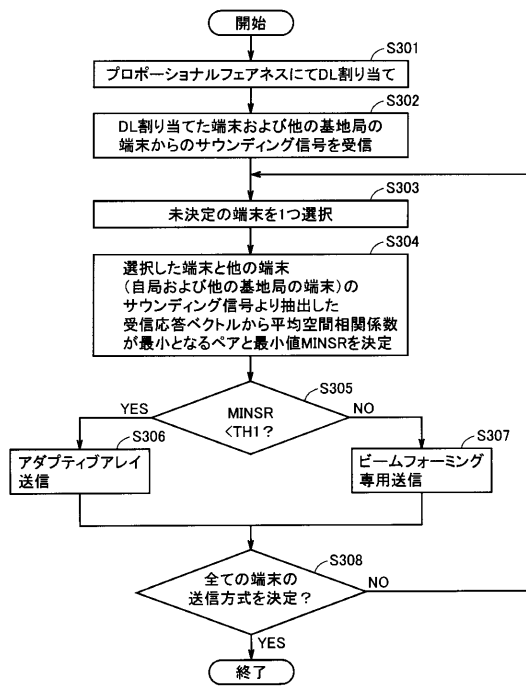
【図11】



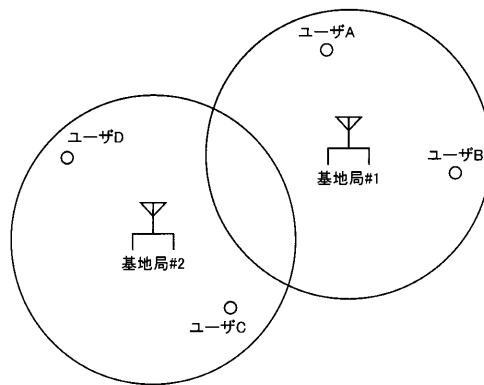
【図12】



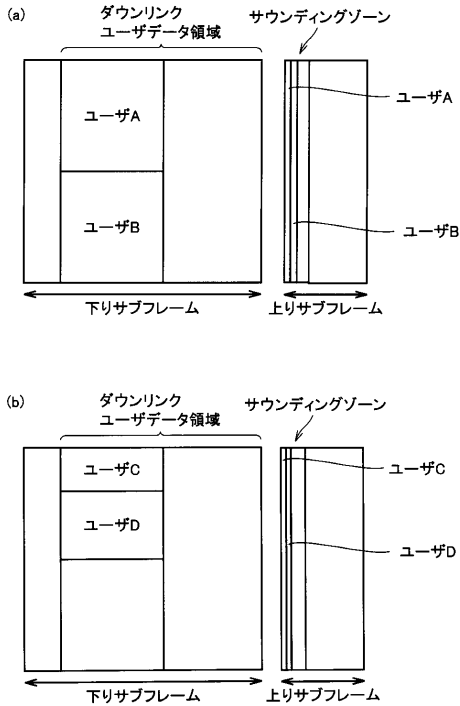
【図13】



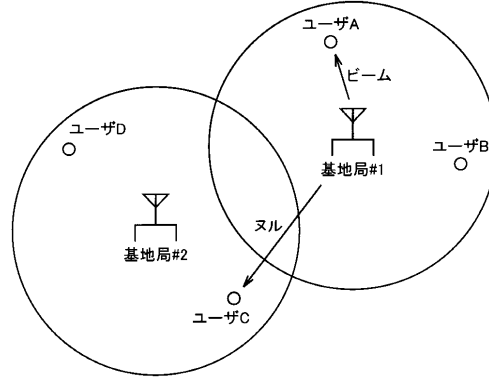
【図14】



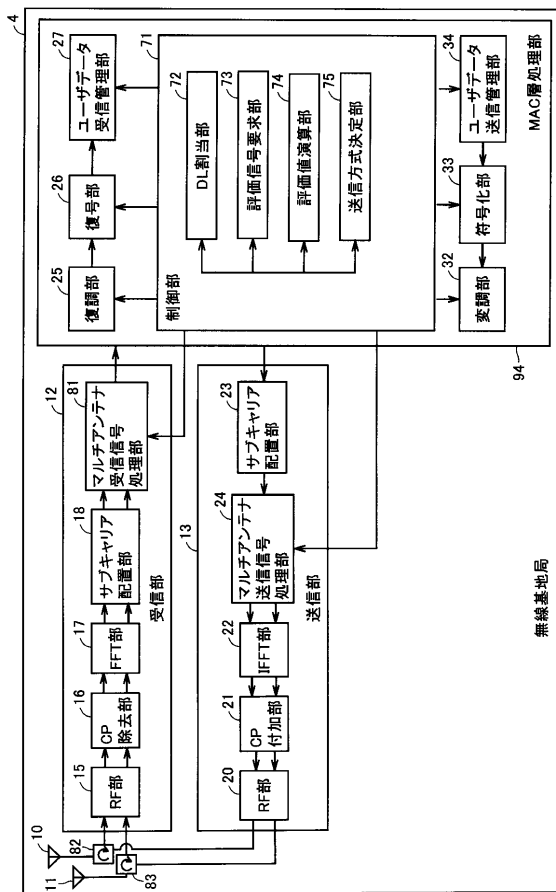
【図15】



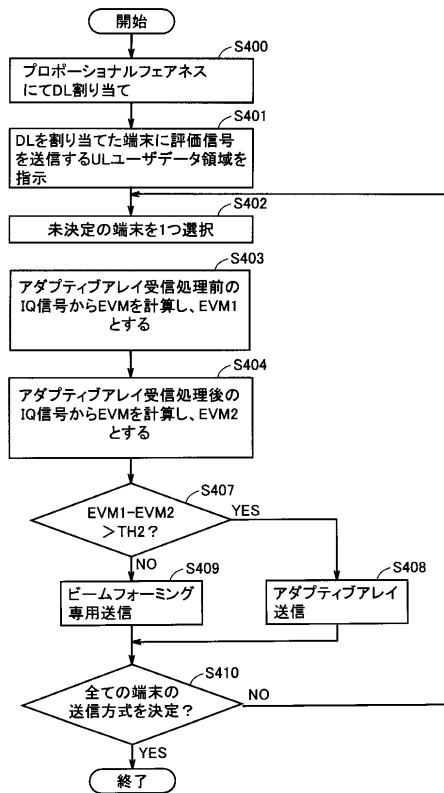
【図16】



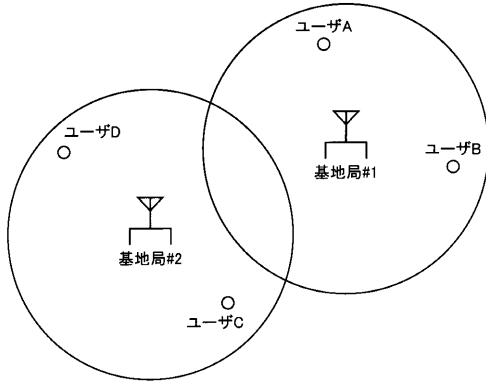
【図17】



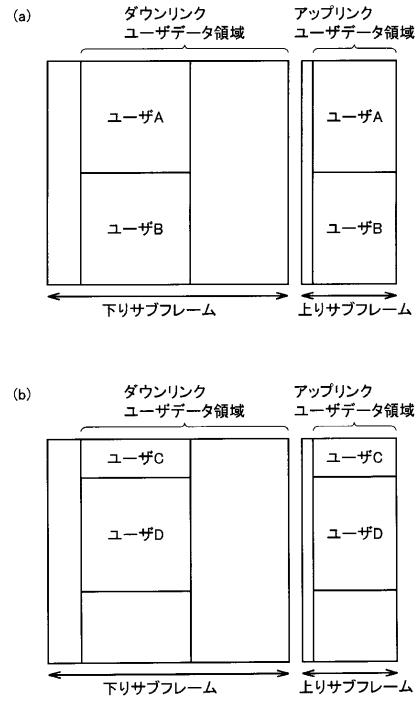
【図18】



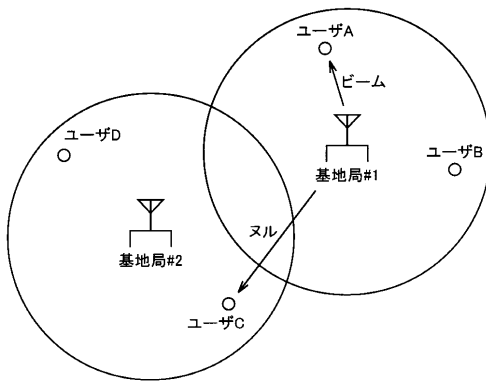
【図19】



【図20】



【図21】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2004-112058(JP,A)  
特開2010-206476(JP,A)  
特表2010-520699(JP,A)  
特開2001-268633(JP,A)  
特開2007-312205(JP,A)  
特開2010-050961(JP,A)  
国際公開第2008/050467(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B	7/02 - 7/12
H04J	1/00 - 15/00
H04W	4/00 - 99/00