

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-131202

(P2014-131202A)

(43) 公開日 平成26年7月10日(2014.7.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4W 16/28 (2009.01)	HO4W 16/28 130	5K067
HO4W 24/10 (2009.01)	HO4W 24/10	
HO4J 99/00 (2009.01)	HO4J 15/00	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2012-288167 (P2012-288167)	(71) 出願人	392026693 株式会社NTTドコモ
(22) 出願日	平成24年12月28日 (2012.12.28)		東京都千代田区永田町二丁目11番1号
		(74) 代理人	100121083 弁理士 青木 宏義
		(74) 代理人	100138391 弁理士 天田 昌行
		(74) 代理人	100132067 弁理士 岡田 喜雅
		(74) 代理人	100150304 弁理士 溝口 勉
		(72) 発明者	ベンジャブール アナス 東京都千代田区永田町二丁目11番1号 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内

最終頁に続く

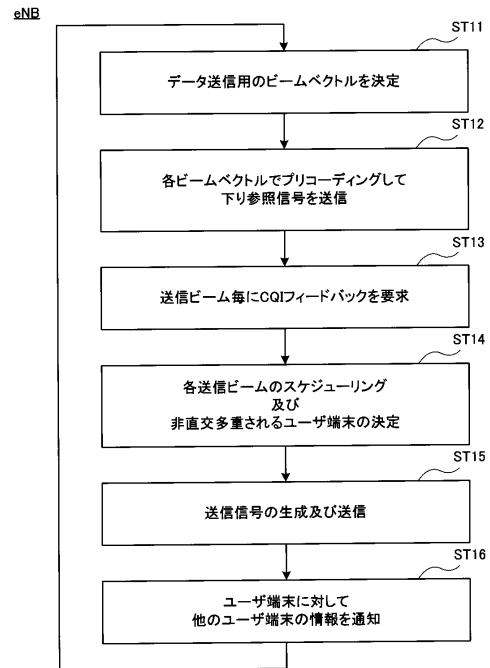
(54) 【発明の名称】 無線基地局、ユーザ端末、無線通信方法、及び無線通信システム

(57) 【要約】

【課題】スループット及びシステム容量を高めることのできる新たな構成の無線基地局、ユーザ端末、無線通信方法、及び無線通信システムを提供すること。

【解決手段】無線基地局が、複数の送信ビームに固有の下り参照信号を送信し、複数のユーザ端末が、下り参照信号を用いたチャネル推定で得られるチャネル状態情報を前記無線基地局にフィードバックし、前記無線基地局が、フィードバックされたチャネル状態情報に基づいて送信ビーム毎に非直交多重される複数のユーザ端末を決定し、複数の送信ビームのそれぞれに前記決定された複数のユーザ端末宛ての下りリンク信号を非直交多重し、前記決定された複数のユーザ端末が、送信ビーム間の干渉を線形フィルタにより除去した後、各送信ビームに非直交多重された下りリンク信号から、自端末宛ての下りリンク信号を復調する。

【選択図】 図 1 0



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数の送信ビームを生成するビーム生成部と、
各送信ビームに固有の下り参照信号を生成する下り参照信号生成部と、
ユーザ端末に対してチャンネル状態情報のフィードバックを要求する下り制御情報を生成する下り制御情報生成部と、
フィードバックされたチャンネル状態情報に基づいて送信ビーム毎に非直交多重される複数のユーザ端末を決定するスケジューリング部と、
前記スケジューリング部の決定結果に従い、複数の送信ビームのそれぞれに前記決定された複数のユーザ端末宛ての下りリンク信号を非直交多重する下りチャンネル多重部と、を備えたことを特徴とする無線基地局。

10

【請求項 2】

前記下りチャンネル多重部は、前記決定された複数のユーザ端末宛ての下りリンク信号を、同一送信ビームにおいて異なる送信パワーで送信されるように多重することを特徴とする請求項 1 に記載の無線基地局。

【請求項 3】

前記スケジューリング部は、下りリンクの最小スループットが最大となるように、送信ビーム毎に非直交多重される複数のユーザ端末を決定することを特徴とする請求項 1 に記載の無線基地局。

【請求項 4】

前記チャンネル状態情報は、チャンネル品質情報であることを特徴とする請求項 1 に記載の無線基地局。

20

【請求項 5】

前記ビーム生成部は、所定のプリコーディング行列に基づいて複数の送信ビームを生成することを特徴とする請求項 1 に記載の無線基地局。

【請求項 6】

複数の送信ビームに固有の下り参照信号を用いてチャンネル推定を行うチャンネル推定部と、
無線基地局に対してチャンネル推定で得られるチャンネル状態情報をフィードバックするフィードバック部と、
フィードバックしたチャンネル状態情報に基づいて送信ビーム毎に非直交多重された複数のユーザ端末宛ての下りリンク信号から、送信ビーム間の干渉を線形フィルタより除去した後、同一の送信ビームに非直交多重されている他端末宛ての下りリンク信号を除去する干渉除去部と、を備えたことを特徴とするユーザ端末。

30

【請求項 7】

無線基地局が、複数の送信ビームに固有の下り参照信号を送信し、
複数のユーザ端末が、送信ビーム毎に下り参照信号を用いたチャンネル推定で得られるチャンネル状態情報を前記無線基地局にフィードバックし、
前記無線基地局が、フィードバックされたチャンネル状態情報に基づいて送信ビーム毎に非直交多重される複数のユーザ端末を決定し、複数の送信ビームのそれぞれに前記決定された複数のユーザ端末宛ての下りリンク信号を非直交多重し、
前記決定された複数のユーザ端末が、送信ビーム間の干渉を線形フィルタにより除去した後、各送信ビームに非直交多重された下りリンク信号から、他端末宛ての下りリンク信号を除去することを特徴とする無線通信方法。

40

【請求項 8】

無線基地局が、複数の送信ビームに固有の下り参照信号を送信し、
複数のユーザ端末が、送信ビーム毎に下り参照信号を用いたチャンネル推定で得られるチャンネル状態情報を前記無線基地局にフィードバックし、
前記無線基地局が、フィードバックされたチャンネル状態情報に基づいて送信ビーム毎に非直交多重される複数のユーザ端末を決定し、複数の送信ビームのそれぞれに前記決定さ

50

れた複数のユーザ端末宛ての下りリンク信号を非直交多重し、

前記決定された複数のユーザ端末が、送信ビーム間の干渉を線形フィルタにより除去した後、各送信ビームに非直交多重された下りリンク信号から、他端末宛ての下りリンク信号を除去することを特徴とする無線通信システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線基地局、ユーザ端末、無線通信方法、及び無線通信システムに関する。

【背景技術】

10

【0002】

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) の高速化、低遅延化などを目的としたロングタームエボリューション (LTE: Long Term Evolution) の仕様が策定された (非特許文献 1)。LTE では、下り回線 (下りリンク) に OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) をベースとする通信方式を用い、上り回線 (上りリンク) に SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) をベースとする通信方式を用いている。

【0003】

また、LTE では、同じ無線リソース (周波数帯域、時間スロット) を用いて複数の送信アンテナから異なる情報データ系列を並列送信する MIMO (Multiple Input Multiple Output) 伝送が採用されている。この MIMO 伝送は、同じ無線リソースを用いて異なる経路で複数の情報データ系列を送信するので、空間分割多重による高いスループット及びシステム容量を実現できる。

20

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献 1】3GPP TR 25.913 "Requirements for Evolved UTRA and Evolved UTRAN"

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0005】

ところで、上述の MIMO 伝送で実現されるスループット及びシステム容量は、並列送信される情報データ系列の数に依存する。そのため、送受信に係るアンテナ数を増やすなどして、並列送信される情報データ系列の数を増加させれば、スループット及びシステム容量を高めることができる。しかしながら、この方法では、アンテナ数の増大と共にシステム構成は複雑化されてしまうので、実現可能なスループット及びシステム容量には限界がある。

【0006】

本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、スループット及びシステム容量を高めることのできる新たな構成の無線基地局、ユーザ端末、無線通信方法、及び無線通信システムを提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の無線基地局は、複数の送信ビームを生成するビーム生成部と、各送信ビームに固有の下り参照信号を生成する下り参照信号生成部と、ユーザ端末に対してチャネル状態情報のフィードバックを要求する下り制御情報を生成する下り制御情報生成部と、フィードバックされたチャネル状態情報に基づいて送信ビーム毎に非直交多重される複数のユーザ端末を決定するスケジューリング部と、前記スケジューリング部の決定結果に従い、複数の送信ビームのそれぞれに前記決定された複数のユーザ端末宛ての下りリンク信号を非直交多重する下りチャネル多重部と、を備えたことを特徴とする。

50

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、スループット及びシステム容量を高めることのできる新たな構成の無線基地局、ユーザ端末、無線通信方法、及び無線通信システムを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】MIMO伝送が適用された無線通信システムの基本的な構成例を示す模式図である。

【図2】NOMAが適用された無線通信システムの基本的な構成例を示す模式図である。

【図3】オポチュニスティックビームフォーミングが適用された無線通信システムの構成例を示す模式図である。

【図4】ユーザ端末の数と、平均スループットとの関係を示すグラフである。

【図5】本実施の形態に係る無線通信方式について説明するための模式図である。

【図6】無線基地局から送信される下り参照信号の無線リソース構成の例を示す模式図である。

【図7】非直交多重で送信された下りリンク信号が各ユーザ端末で受信される様子を説明するための模式図である。

【図8】本実施の形態の無線通信方式でサポートされる伝送方式の例を示す模式図である。

【図9】無線基地局から送信される復調用参照信号の無線リソース構成の例を示す模式図である。

【図10】無線基地局側の制御フローを示すフロー図である。

【図11】ユーザ端末側の制御フローを示すフロー図である。

【図12】本実施の形態に係る無線通信システムの構成例を示す模式図である。

【図13】本実施の形態に係る無線基地局の構成例を示すブロック図である。

【図14】本実施の形態に係るユーザ端末の構成例を示すブロック図である。

【図15】本実施の形態に係る無線基地局及びユーザ端末が有するベースバンド信号処理部の構成例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

図1は、MIMO (Multiple Input Multiple Output) 伝送が適用された無線通信システムの基本的な構成例を示す模式図である。図1に示す無線通信システムは、複数の送信アンテナを有する無線基地局 eNB # 1 (eNB : eNodeB) を備えている。無線基地局 eNB # 1 のカバレージエリア内には、複数のユーザ端末 UE # 1 (UE : User Equipment) (ここでは、ユーザ端末 UE # 1 A , UE # 1 B , UE # 1 C) が在圏している。

【0011】

この無線通信システムでは、無線基地局 eNB # 1 の複数のアンテナから複数のユーザ端末 UE # 1 に対して異なるデータ系列が並列送信される。すなわち、同じ無線リソースを異なる経路で用いて複数の情報データ系列が送信される。MIMO伝送の態様としては、複数の情報データ系列を単一のユーザ端末 UE # 1 宛てに並列送信するシングルユーザ MIMO (SU-MIMO : Single User MIMO) 伝送と、複数の情報データ系列を異なるユーザ端末 UE # 1 宛てに並列送信するマルチユーザ MIMO (MU-MIMO : Multiple User MIMO) 伝送とがある。図1では、マルチユーザ MIMO 伝送が適用される場合を示している。

【0012】

MIMO伝送が適用される無線通信システムのスループット及びシステム容量は、並列送信される情報データ系列の数に依存する。つまり、無線基地局 eNB # 1 及びユーザ端末 UE # 1 のアンテナ数を増やすなどして、並列送信される情報データ系列の数を増加させれば、無線通信システムのスループット及びシステム容量を高めることができる。しか

10

20

30

40

50

しながら、並列送信される情報データ系列の数を増やすと、送受信に必要なシステム構成は複雑化するので、将来的には、上記MIMO伝送の空間分割多重（空間次元多重）とは異なるアプローチでスループット及びシステム容量を高める必要がある。

【0013】

例えば、下りリンクの送信パワー（送信電力）をユーザ端末UE#1毎に異ならせる非直交アクセス（非直交多重、電力分割多重、電力次元多重などとも呼ばれる）を適用することで、無線通信システムのスループット及びシステム容量をさらに高めることができる。そこで、受信側の干渉除去を前提とした非直交アクセスであるNOMA（Non-Orthogonal Multiple Access）を検討した。

【0014】

図2は、NOMAが適用された無線通信システムの基本的な構成例を示す模式図である。図2では、無線基地局eNB#2が形成するセルを例示している。無線基地局eNB#2のカバレッジエリア内には、複数のユーザ端末UE#2（ここでは、ユーザ端末UE#2A, UE#2B, UE#2C）が配置されている。この無線通信システムでは、無線基地局eNB#2の送信アンテナから複数のユーザ端末UE#2に対して異なる送信パワーで下りリンクのデータ信号が送信される。

【0015】

図2に示す無線通信システムでは、例えば、ユーザ端末UE#2の受信SINRや、無線基地局eNB#2とユーザ端末UE#2との間のパスロス（伝搬損失、経路損失）などに応じて送信パワーが制御される。具体的には、受信SINRが大きい（パスロスが小さい）ユーザ端末UE#2Aの送信パワーを小さく割り当て、受信SINRが小さい（パスロスが大きい）ユーザ端末UE#2Cの送信パワーを大きく割り当てるような制御が行われる。

【0016】

このような送信パワーの割り当てを行った場合、ユーザ端末UE#2Cの在圏位置では、ユーザ端末UE#2A, UE#2B宛ての信号は十分に弱くなる。よって、ユーザ端末UE#2Cは、ユーザ端末UE#2A, UE#2B宛ての信号による干渉を小さくみなすことで自端末宛ての信号を復号できる。一方、ユーザ端末UE#2Aの在圏位置において、ユーザ端末UE#2B, UE#2C宛ての信号は強い。そのため、ユーザ端末UE#2Aは、自端末宛ての信号に加え、ユーザ端末UE#2B, UE#2C宛ての信号を受信する。

【0017】

NOMAにおいて、各ユーザ端末UE#2宛ての信号は、識別できる態様で多重されている。ユーザ端末UE#2Aは、SIC（Successive Interference Cancellation）でユーザ端末UE#2B, UE#2C宛ての信号を復号してから、自端末宛ての信号を分離する。このNOMAを応用し、複数のユーザ端末UE#2宛ての信号を同じ無線リソース（周波数帯域、時間スロット）に異なる送信パワーで多重（非直交多重）すれば、スループット及びシステム容量をさらに高めることができると考えられる。

【0018】

ここで、NOMAに用いられるSICとMIMO伝送との親和性を考える。例えば、図1に示すシステム構成において、無線基地局eNB#1とユーザ端末UE#1Aとの間のチャネル状態を表すチャネル行列を $h_1 = [1 \ 0 \ 0 \ 9 \ 9]$ 、無線基地局eNB#1とユーザ端末UE#1Bとの間のチャネル状態を表すチャネル行列を $h_2 = [1 \ -1]$ とする。プリコード $m_2 = [1 \ -1]^T$ を用いてプリコーディングする場合、 $h_1 \cdot m_2 = 1 < h_2 \cdot m_2 = 2$ となるので、ユーザ端末UE#1Aの受信信号強度は、ユーザ端末UE#1Bの受信信号強度より小さくなる。一方、プリコード $m_2 = [1 \ 1]^T$ を用いてプリコーディングする場合、 $h_1 \cdot m_2 = 1 \ 9 \ 9 > h_2 \cdot m_2 = 0$ となるので、ユーザ端末UE#1Aの受信信号強度は、ユーザ端末UE#1Bの受信信号強度より大きくなる。

【0019】

このように、MIMO伝送では、適用されるプリコードに応じてユーザ端末UE#1の

10

20

30

40

50

受信する信号強度は変動するので、チャネル状態の優劣を一意に決定することができない。よって、送信パワーの制御だけでは、干渉となる他のユーザ端末UE # 1宛ての信号を復号、除去できない恐れがある。すなわち、MIMO伝送では、下りリンク通信チャネルをDegraded BC (Degraded Broadcast Channel) として扱うことができないので、チャネル状態の優劣を一意に決定できず、上述したSICの適用は困難である。

【0020】

上述の問題は、DPC (Dirty Paper Coding) によるプリコーディング (例えば、THP (Tomlinson Harashima Precoding)) を適用すれば解消できる。しかしながら、その場合、システム構成は複雑化してしまう。また、DPCによるプリコーディングは、フィードバックされるチャネル状態情報 (CSI : Channel State Information) の品質に敏感なので、チャネル推定精度の低下やフィードバック誤りなどの影響を受けて通信品質が低下し易くなるという問題もある。

10

【0021】

これらの課題に対し、本発明者らは、複数の送受信アンテナを用いるMIMO伝送において下りリンクの通信チャネルをDegraded BCとして扱うことのできるシステム構成に非直交多重 (NOMA) を適用すれば、構成を複雑化することなくスループット及びシステム容量を高めることができるのではないかと考えた。下りリンクの通信チャネルをDegraded BCとして扱うことのできるシステム構成としては、例えば、オポチュニスティックビームフォーミング (opportunistic beamforming) の適用されたシステム構成などが考えられる。なお、オポチュニスティックビームフォーミングは、ランダムビームフォーミング (random beamforming) と呼ばれても良い。

20

【0022】

図3は、オポチュニスティックビームフォーミングが適用された無線通信システムの構成例を示す模式図である。図3Aに示す無線通信システムは、あらかじめ決められたパターン、又はランダムなパターンの送信ビームB1, B2, B3を生成する無線基地局eNB # 3を備えている。無線基地局eNB # 3で生成される複数の送信ビームB1, B2, B3は、例えば、互いに直交されている。ただし、受信側において、線形フィルタのIRC (Interference Rejection Combining) 受信機などにより送信ビーム間の干渉を除去できるので、完全に直交させなくとも良い。このオポチュニスティックビームフォーミングでは、図3Bに示すように、あらかじめ決められたパターン、又はランダムなパターンの無線リソース (周波数帯域、時間スロット) を用いて各送信ビームB1, B2, B3が生成される。なお、オポチュニスティックビームフォーミングでは、所定パターンの無線リソースを用いて複数の送信ビームが生成されれば良いので、任意のタイミング (時間スロット) において生成される送信ビーム数は1つでも良い。

30

【0023】

送信ビームB1, B2, B3のカバレッジエリアには、それぞれ複数のユーザ端末UE # 3が配置されている。各ユーザ端末UE # 3は、各送信ビームB1, B2, B3で送信されるビーム固有の下り参照信号に基づいてチャネル推定を行い、無線基地局eNB # 3にチャネル品質情報 (CQI : Channel Quality Indicator) をフィードバックする。無線基地局eNB # 3は、各送信ビームB1, B2, B3で最もCQIの高いユーザ端末UE # 3を選択して下りリンクのデータ送信を行う。

40

【0024】

図4は、ユーザ端末の数と、平均スループットとの関係を示すグラフである。オポチュニスティックビームフォーミング (Opp. BF : Opportunistic BeamForming) では、上述のように、任意のパターンで生成される各送信ビームB1, B2, B3のカバレッジエリア内において、CQIの最も高いユーザ端末UE # 3を選択して下りリンクのデータ送信を行う。各カバレッジエリア内のユーザ端末UE # 3の数が増えるとチャネル品質の良いユーザ端末UE # 3の存在確率も高くなるので、図4に示すように、上述したMIMO伝送 (Coherent BF : Coherent BeamForming) と遜色のない高スループットを実現できる。

50

【 0 0 2 5 】

このオポチュニスティックビームフォーミングでは、例えば、線形フィルタで各送信ビーム B 1 , B 2 , B 3 間の干渉を除去することにより、通信チャネルを Degraded BC として扱うことができるようになる。そのため、SIC に対する親和性は高く、非直交多重を適用しても干渉を適切に除去可能である。そこで、本発明では、このオポチュニスティックビームフォーミングに非直交多重を適用する。以下、本発明について説明する。

【 0 0 2 6 】

図 5 は、本実施の形態に係る無線通信方式について説明するための模式図である。図 5 A に示す無線通信システムは、あらかじめ決められたパターン、又はランダムなパターンの N 個の送信ビーム Beam # 1 ~ Beam # N を生成する無線基地局 eNB # 5 を備えている。無線基地局 eNB # 5 で生成される N 個の送信ビーム Beam # 1 ~ Beam # N は、互いに直交されている。この無線通信システムでは、あらかじめ決められたパターン、又はランダムなパターンの無線リソース（周波数帯域、時間スロット）を用いて各送信ビーム Beam # 1 ~ Beam # N が生成される。

【 0 0 2 7 】

送信ビーム Beam # 1 ~ Beam # N のカバレッジエリアには、それぞれ複数のユーザ端末 UE # 5 が配置されている。無線基地局 eNB # 5 は、複数のユーザ端末 UE # 5 に対し、各送信ビーム Beam # 1 ~ Beam # N に固有の下り参照信号（CSI-RS (Channel State Information Reference Signal)、DM-RS (DeModulation Reference Signal) など）を送信する。図 6 は、無線基地局から送信される下り参照信号の無線リソース構成の例を示す模式図であり、4 個の送信ビーム Beam # 1 ~ Beam # 4 が同時に生成される場合を示している。図 6 に示すように、各送信ビームに固有の下り参照信号は、例えば、各リソースブロック (RB) の PDSCH (Physical Downlink Shared Channel) 領域に多重される。各送信ビーム内の複数のユーザ端末 UE # 5 宛ての参照信号の多重方法としては、従来の非直交アクセス多重に適した参照信号の多重方法を適用すれば良い。

【 0 0 2 8 】

各ユーザ端末 UE # 5 は、各送信ビーム Beam # 1 ~ Beam # N で送信されるビーム固有の下り参照信号に基づいてチャネル推定を行い、無線基地局 eNB # 5 にチャネル品質情報 (CQI) をフィードバックする。無線基地局 eNB # 5 は、フィードバックされた CQI に基づいて、各送信ビーム Beam # 1 ~ Beam # N に非直交多重される複数のユーザ端末 UE # 5 のセットを決定する。なお、各ユーザ端末 UE # 5 からフィードバックされる情報は、チャネル品質情報 (CQI) に限定されない。少なくとも、チャネル状態を示すチャネル状態情報 (CSI) がフィードバックされれば良い。

【 0 0 2 9 】

非直交多重される複数のユーザ端末 UE # 5 のセットは、総和レートなどのユーザ端末選択用の指標値が最大化されるように、任意のスケジューリングメトリックに基づいて決定される。例えば、任意の周波数ブロック b では、ユーザ k の SIC によって $h_{i,b} / N_{i,b} < h_{k,b} / N_{k,b}$ を満たす全てのユーザ i の干渉を除去できるので、ユーザ k のスループット $R^{(sic)}$ (k) は下記式 (1) で表される。

【 数 1 】

式 (1)

$$R^{(sic)}(k) = \sum_{b=1}^B W \log_2 \left(1 + \frac{h_{k,b} P_{k,b}}{\sum_{i=1, \frac{h_{k,b}}{N_{k,b}} < \frac{h_{i,b}}{N_{i,b}}}^K h_{k,b} P_{i,b} + WN_{k,b}} \right)$$

【 0 0 3 0 】

ワーストユーザスループット（最小スループット）を最大化するスケジューリングを行

10

20

30

40

50

う場合、下記式(2)、(3)で表される最適電力の割り当て問題を解決することで、非直交多重される複数のユーザ端末UE#5のセットを決定できる。Kは、ユーザ端末数の総数を示し、Bは、送信ビームの総数を示し、Pは、送信電力の合計値を示す。

【数2】

式(2)

$$\text{maximize } \min_k R^{(\text{sic})}(k)$$

【数3】

式(3)

$$\text{subject to } P_{k,b} \geq 0, \forall k, b, \sum_{b=1}^B \sum_{k=1}^K P_{k,b} \leq P$$

10

【0031】

各送信ビームBeam#1~Beam#Nに非直交多重される複数のユーザ端末UE#5のセットが決定されると、無線基地局eNB#5は、送信ビームBeam#1~Beam#Nのそれぞれに、対応するユーザ端末UE#5宛ての下りリンク信号を重畳符号化により非直交多重する。すなわち、複数のユーザ端末UE#5宛ての信号を、送信パワーを変えて同じ無線リソース(周波数帯域、時間スロット)に多重する。また、各ユーザ端末#5に対し、SICによる干渉除去の際に必要な他のユーザ端末#5の情報を通知する。

20

【0032】

図5Bに示すように、一部の周波数帯域f1には、各送信ビームBeam#1~Beam#Nの複数のユーザ端末UE#5のセットに対応する下りリンク信号が非直交多重される。例えば、図5Bでは、送信ビームBeam#1の周波数帯域f1にユーザ端末UE#5A, UE#5B, UE#5C宛ての下りリンク信号が非直交多重されている。また、送信ビームBeam#Nの周波数帯域f1にユーザ端末UE#5H, UE#5I, UE#5J宛ての下りリンク信号が非直交多重されている。

【0033】

なお、各送信ビームBeam#1~Beam#Nの周波数帯域f2には、他の信号(下りリンク信号又は上りリンク信号)が多重されている。このように、図5Bでは、周波数帯域f1, f2による直交多重と、非直交多重とを組み合わせた無線リソース構成(直交/非直交ハイブリッドマルチアクセス)を示しているが、全周波数帯域において非直交多重のみが適用されても良い。

30

【0034】

各送信ビームBeam#1~Beam#Nにおいて、非直交多重される信号の送信パワーは、フィードバックされたCQI(又はCSI)に基づいて決定される。例えば、無線基地局eNB#5は、図5Bに示すように、送信ビームBeam#1において受信SINRが最も大きい(パスロスが最も小さい)ユーザ端末UE#5Aの送信パワーを最小とし、受信SINRが最も小さい(パスロスが最も大きい)ユーザ端末UE#5Cの送信パワーを最大とする。また、無線基地局eNB#5は、送信ビームBeam#Nにおいて受信SINRが最も大きい(パスロスが最も小さい)ユーザ端末UE#5H, の送信パワーを最小とし、受信SINRが最も小さい(パスロスが最も大きい)ユーザ端末UE#5Jの送信パワーを最大とする。

40

【0035】

図7は、非直交多重で送信された下りリンク信号が各ユーザ端末で受信される様子を説明するための模式図である。図7において、ユーザ端末UE#7Bの受信SINRは、ユーザ端末UE#7Aの受信SINRより小さくなっている。または、無線基地局eNB#7とユーザ端末UE#7Bとの間のパスロスは、無線基地局eNB#7とユーザ端末UE#7Aとの間のパスロスより大きくなっている。このため、無線基地局eNB#7は、受

50

信 S I N R が大きい (パスロスが小さい) ユーザ端末 U E # 7 A の送信パワーを、受信 S I N R が小さい (パスロスが大きい) ユーザ端末 U E # 7 B の送信パワーより小さく設定している。

【 0 0 3 6 】

ユーザ端末 U E # 7 B の在圏位置では、ユーザ端末 U E # 7 A 宛ての信号は十分に弱くなる。よって、ユーザ端末 U E # 7 B は、ユーザ端末 U E # 7 A 宛ての信号による干渉が小さいものとして自端末宛ての信号を復号できる。一方、ユーザ端末 U E # 7 A の在圏位置において、ユーザ端末 U E # 7 B 宛ての信号は強い。そのため、ユーザ端末 U E # 7 A は、自端末宛ての信号に加え、ユーザ端末 U E # 7 B 宛ての信号を受信する。

【 0 0 3 7 】

ユーザ端末 U E # 7 A , U E # 7 B 宛ての信号は、それぞれ識別できる態様で多重されている。このため、ユーザ端末 U E # 7 A は、ユーザ端末 U E # 7 B 宛ての信号を S I C により除去して自端末宛ての信号を分離する。その結果、ユーザ端末 U E # 7 A は、自端末宛ての信号を復号できる。ユーザ端末 U E # 7 C , U E # 7 D についても同様である。すなわち、ユーザ端末 U E # 7 D は、ユーザ端末 U E # 7 C 宛ての信号による干渉が小さいとみなして自端末宛ての信号を復号する。一方、ユーザ端末 U E # 7 C は、ユーザ端末 U E # 7 D 宛ての信号を S I C により除去して自端末宛ての信号を分離し、復号する。

【 0 0 3 8 】

上述の S I C は、自端末より伝送路の状態が悪い (受信 S I N R が小さい、又はパスロスが大きい) ユーザ端末 U E 宛ての信号除去に適用される。自端末より伝送路の状態が悪いユーザ端末 U E 宛ての信号は、自端末宛ての信号より高パワーで送信されるので、自端末において正しく復号できる。よって、このようなユーザ端末 U E 宛ての信号による干渉は、S I C により適切に除去される。一方、自端末より伝送路の状態が良いユーザ端末 U E 宛ての信号は、自端末宛ての信号より低パワーで送信されるので、干渉は無視できる。

【 0 0 3 9 】

このように構成された本実施の形態の無線通信方式において、送信信号ベクトル \mathbf{x} は下記式 (4) で表される。B は送信ビームの総数を示し、 \mathbf{m}_b は b 番目の送信ビームのビームベクトル (プリコード) を示し、 $P_{b,u}$ は b 番目の送信ビームに重畳符号化された u 番目のユーザ端末への送信電力 (送信パワー) を示し、 $s_{b,u}$ は b 番目の送信ビームに重畳符号化された u 番目のユーザ端末への信号を示す。

【 数 4 】

式 (4)

$$\mathbf{x} = \sum_{b=1}^B \mathbf{m}_b \sum_{u=1}^{n(b)} \sqrt{P_{b,u}} s_{b,u}$$

【 0 0 4 0 】

また、下記式 (5) が成り立つ。 $P_{b,u}$ は b 番目の送信ビームの送信電力を示し、P は全ての送信ビームの送信電力の合計値を示す。

【 数 5 】

式 (5)

$$\sum_{u=1}^{n(b)} P_{b,u} = P_{b'} \sum_{b=1}^B P_b = P$$

【 0 0 4 1 】

また、b 番目の送信ビームに重畳符号化された u 番目のユーザ端末の受信信号ベクトル $y_{b,u}$ は、下記式 (6) で表される。 $H_{b,u}$ は b 番目の送信ビームに重畳符号化された u 番目のユーザ端末のチャネル行列を示し、 $w_{b,u}$ は b 番目の送信ビームに重畳符号化された u 番目のユーザ端末への雑音干渉ベクトルを示す。

10

20

30

40

50

【数6】
式(6)

$$\mathbf{y}_{b,u} = \mathbf{H}_{b,u} \mathbf{x} + \mathbf{w}_{b,u} = \mathbf{H}_{b,u} \sum_{b'=1}^B \mathbf{m}_{b'} \sum_{u'=1}^{n(b')} \sqrt{P_{b',u'}} \mathbf{s}_{b',u'} + \mathbf{w}_{b,u}$$

【0042】

送信ビーム間の干渉は、SICではなく受信線形フィルタリングで抑圧できる。これを考慮すると、b番目の送信ビームに重畳符号化されたu番目のユーザ端末のフィルタリング後の受信信号ベクトル $\tilde{\mathbf{y}}_{b,u}$ は、下記式(7)で表される。 $\mathbf{v}_{b,u}^H$ はb番目の送信ビームに重畳符号化されたu番目のユーザ端末の受信フィルタベクトルを示す。

10

【数7】
式(7)

$$\begin{aligned} \tilde{\mathbf{y}}_{b,u} &= \mathbf{v}_{b,u}^H \mathbf{y}_{b,u} \\ &= \mathbf{v}_{b,u}^H \mathbf{H}_{b,u} \mathbf{m}_b \sum_{u'=1}^{n(b)} \sqrt{P_{b,u'}} \mathbf{s}_{b,u'} + \mathbf{v}_{b,u}^H \mathbf{H}_{b,u} \sum_{\substack{b'=1 \\ b' \neq b}}^B \mathbf{m}_{b'} \sum_{u'=1}^{n(b')} \sqrt{P_{b',u'}} \mathbf{s}_{b',u'} \\ &\quad + \mathbf{v}_{b,u}^H \mathbf{w}_{b,u} \end{aligned}$$

20

【0043】

下記式(8)は上記式(7)の等価チャネル表現である。 $\tilde{\mathbf{w}}_{b,u}$ はb番目の送信ビームに重畳符号化されたu番目のユーザ端末への電力雑音を示す。 $g_{b,u}$ は、下記式(9)で表される。

【数8】
式(8)

$$\tilde{\mathbf{y}}_{b,u} = g_{b,u} \sum_{u'=1}^{n(b)} \sqrt{P_{b,u'}} \mathbf{s}_{b,u'} + \tilde{\mathbf{w}}_{b,u}$$

30

【数9】
式(9)

$$g_{b,u} = \sqrt{\frac{|\mathbf{v}_{b,u}^H \mathbf{H}_{b,u} \mathbf{m}_b|^2}{\sum_{\substack{b'=1 \\ b' \neq b}}^B P_{b'} |\mathbf{v}_{b,u}^H \mathbf{H}_{b,u} \mathbf{m}_{b'}|^2 + \mathbf{v}_{b,u}^H E[\mathbf{w}_{b,u} \mathbf{w}_{b,u}^H] \mathbf{v}_{b,u}}}$$

【0044】

40

上記式(8)により、下りリンクの通信チャネルを Degraded BC とみなせることが分かる。よって、本実施の形態の無線通信方式では、各送信ビーム内での干渉を、受信SICで適切に抑制できる。

【0045】

本実施の形態の無線通信方式では、上述のように、MU-MIMO伝送に対してNOMAが適用されるが、他の伝送方式もサポートされている。図8は、本実施の形態の無線通信方式でサポートされる伝送方式の例を示す模式図である。図8Aは、SU-MIMO伝送の例を示し、図8Bは、送信ダイバーシティの例を示している。無線通信システムに図8AのSU-MIMO伝送をサポートさせることで、ピークレートを高めることができる。また、プリコーディングゲインの小さい適用環境などにおいては、図8Bの送信ダイバ

50

ーシティが有効である。

【0046】

図9は、無線基地局から送信される復調用参照信号(DM-RS)の無線リソース構成の例を示す模式図である。図9A~図9Dにおいて、横軸は無線リソース(時間、周波数)を表し、縦軸は送信電力を表す。図9Aに示すように、1本の送信アンテナによる送信ビームにNOMAが適用される場合には、各ユーザ端末UE#9宛ての信号は、同じ無線リソースにおいて異なる電力で送信される。この場合、復調用の参照信号として、例えば、各ユーザ端末UE#9に共通のDM-RSを用いることができる。また、図9Bに示すように、複数の送信アンテナ(ここでは、2本の送信アンテナTX1, TX2)による送信ビームを用いるSU-MIMO伝送においては、ユーザ端末UE#9宛ての複数(2つ)の情報データ系列(レイヤ)が同じ無線リソースに多重される。この場合、復調用の参照信号として、例えば、レイヤ間で直交するDM-RSを用いることができる。

10

【0047】

一方、図9Cに示すように、複数の送信アンテナ(ここでは、2本の送信アンテナTX1, TX2)による送信ビームを用いるSU-MIMO伝送にNOMAが適用される場合には、各ユーザ端末UE#9宛ての複数(2つ)の情報データ系列(レイヤ)が同じ無線リソースに多重される。ここで、ユーザ端末UE#9宛ての信号は、異なる電力で送信される。この場合、復調用の参照信号として、例えば、同一レイヤ内のユーザ端末に共通し、レイヤ間では直交するDM-RSを用いることができる。

【0048】

さらに、図9Dに示すように、複数の送信アンテナ(ここでは、2本の送信アンテナTX1, TX2)による送信ビームを用いるMU-MIMO伝送にNOMAが適用される場合には、各ユーザ端末UE#9宛ての信号が同じ無線リソースに多重される。同一の送信ビーム内においては、各ユーザ端末#9宛ての信号が異なる電力で送信される。この場合、復調用の参照信号として、例えば、同一送信ビーム内のユーザ端末UE#9に共通し、送信ビーム間では直交するDM-RSを用いることができる。このようにユーザ端末間で共通のDM-RS構成が適用される場合には、各ユーザ端末宛ての送信電力の比が通知される。なお、ここでは、ユーザ端末間で共通のDM-RS構成が適用される場合を示したが、ユーザ端末毎に個別のDM-RSを送信する構成としても良い。

20

【0049】

本実施の形態の無線通信方式の制御フローを説明する。図10は、無線基地局側の制御フローを示すフロー図である。無線基地局eNBは、まず、データ送信に用いる送信ビームのビームベクトル(プリコード)を決定する(ステップST11)。例えば、2本の送信アンテナを用いる場合には、直交する2個のビームベクトルをランダムに生成する。そして、各ビームベクトルでプリコーディングされた送信ビームを用いて、各送信ビームに固有の下り参照信号をユーザ端末UEに送信する(ステップST12)。

30

【0050】

次に、無線基地局eNBは、各送信ビームで送信された下り参照信号に基づいてCQIをフィードバックするように全てのユーザ端末UEに要求する(ステップST13)。例えば、無線基地局eNBは、CQI(SINRに相当)のみをフィードバックするようユーザ端末UEに指示する。この場合、フィードバックに係るオーバーヘッドを低減できる。ただし、フィードバックされる情報は、CQIに限定されない。少なくとも、チャネル状態を示すCSIがフィードバックされれば良い。なお、このフィードバックでは、他セル(他の無線基地局eNB)からの干渉が考慮される。

40

【0051】

ユーザ端末UEからCQIをフィードバックされると、無線基地局eNBは、フィードバックされたCQIに基づいて各送信ビームのスケジューリングを行い、非直交多重するユーザ端末UEを決定する(ステップST14)。すなわち、無線基地局eNBは、周波数スケジューリングの対象となるユーザ端末UEを選択し、非直交多重の対象となるユーザ端末UEを決定する。非直交多重の対象となるユーザ端末UEの決定は、例えば、上述

50

したスケジューリングメトリックに基づいて行われる。

【 0 0 5 2 】

その後、無線基地局 eNB は、スケジューリング情報及び非直交多重するユーザ端末の情報に基づき送信信号を生成し、各送信ビームに非直交多重して送信する（ステップ S T 1 5）。また、無線基地局 eNB は、各ユーザ端末 UE に対して、同じ送信ビームに非直交多重される他のユーザ端末 UE の情報を通知する（ステップ S T 1 6）。この通知は、例えば、ハイレイヤシグナリング（R R C シグナリングなど）、P D C C H の制御情報によるシグナリングなどを用いて行われる。

【 0 0 5 3 】

図 1 1 は、ユーザ端末側の制御フローを示すフロー図である。ユーザ端末 UE は、各送信ビームで送信された下り参照信号を受信し（ステップ S T 2 1）、C Q I を算出して無線基地局 eNB にフィードバックする（ステップ S T 2 2）。なお、フィードバックされる情報は、チャネル状態を示す C S I であれば良い。

10

【 0 0 5 4 】

その後、ユーザ端末 UE は、無線基地局 eNB から送信される送信信号を制御情報と共に受信し（ステップ S T 2 3）、自端末宛ての情報と、自端末と同じ送信ビームに非直交多重される他のユーザ端末 UE 宛ての情報とを取得する（ステップ S T 2 4）。また、ユーザ端末 UE は、チャネル推定により自端末の C S I 情報を推定する（ステップ S T 2 5）。ユーザ端末 UE は、通知された他のユーザ端末 UE の参照信号に基づいて他のユーザ端末 UE の C S I 情報を推定する（ステップ S T 2 5）。

20

【 0 0 5 5 】

その後、ユーザ端末 UE は、M M S E、I R C などの線形フィルタを用いて送信ビーム間の干渉を除去する（ステップ S T 2 6）。例えば、2本の受信アンテナを用いる構成では、線形フィルタの I R C 受信機又は M M S E 受信機を用いて送信ビーム間の干渉を除去する。次に、同じ送信ビームに非直交多重された他のユーザ端末宛ての信号による干渉を S I C により除去する（ステップ S T 2 7）。ここで、S I C は、自端末より伝送路の状態が悪い（受信 S I N R が小さい、又はパロスが大きい）ユーザ端末 UE 宛ての信号除去に適用される。自端末より伝送路の状態が悪いユーザ端末 UE 宛ての信号は、自端末宛ての信号より高パワーで送信されるので、自端末において正しく復号できる。よって、このようなユーザ端末 UE 宛ての信号による干渉は、S I C により適切に除去される。一方、自端末より伝送路の状態が良い（受信 S I N R が大きい、又はパロスが小さい）ユーザ端末 UE 宛ての信号は、自端末宛ての信号より低パワーで送信されるので、干渉は無視できる。他のユーザ端末 UE 宛ての信号による干渉を除去した後は、自端末宛てのユーザデータを復調する（ステップ S T 2 8）。

30

【 0 0 5 6 】

このように、本実施の形態に係る無線通信方式では、M I M O 伝送と同等のシステム特性を実現できるオポチュニスティックビームフォーミングに対して非直交多重を適用するので、スループット及びシステム容量をさらに高めることができる。

【 0 0 5 7 】

以下、本実施の形態に係る無線通信システムの詳細を説明する。図 1 2 は、本実施の形態に係る無線通信システムの構成例を示す模式図である。なお、図 1 2 に示す無線通信システムは、例えば、L T E システム、又は L T E - A（L T E アドバンスド（L T E - A d v a n c e d））システムが包含されるシステムである。この無線通信システムは、B e y o n d I M T - A d v a n c e d と呼ばれても良いし、B e y o n d 4 G と呼ばれても良い。

40

【 0 0 5 8 】

図 1 2 に示すように、無線通信システム 1 は、無線基地局 1 0（1 0 A，1 0 B）と、この無線基地局 1 0 と通信する複数のユーザ端末 2 0（2 0 A，2 0 B）とを含んでいる。無線基地局 1 0 は、上位局装置 3 0 と接続され、この上位局装置 3 0 は、コアネットワーク 4 0 と接続される。各ユーザ端末 2 0 は、セル C 1、C 2 において無線基地局 1 0 と通信を行うことができる。この、ユーザ端末 2 0 は、移動端末でも良いし固定端末でもよ

50

い。なお、上位局装置 30 には、例えば、アクセスゲートウェイ装置、無線ネットワークコントローラ (RNC)、モビリティマネジメントエンティティ (MME) 等が含まれるが、これに限定されない。

【0059】

無線通信システム 1 においては、無線アクセス方式として、下りリンクに OFDMA (直交周波数分割多元接続) が適用され、上りリンクに SC-FDMA (シングルキャリア - 周波数分割多元接続) が適用される。OFDMA は、周波数帯域を複数の狭い周波数帯域 (サブキャリア) に分割し、各サブキャリアにデータをマッピングして通信を行うマルチキャリア伝送方式である。SC-FDMA は、システム帯域を端末毎に 1 つ又は連続したリソースブロックからなる帯域に分割し、複数の端末が互いに異なる帯域を用いることで、端末間の干渉を低減するシングルキャリア伝送方式である。

10

【0060】

ここで、図 12 に示す無線通信システム 1 で用いられる通信チャネルについて説明する。下りリンクの通信チャネルは、各ユーザ端末 20 で共有される PDSCH (Physical Downlink Shared Channel) と、下り L1/L2 制御チャネル (PDCCH、PCFICH、PHICH、拡張 PDCCH) とを有する。PDSCH により、ユーザデータ及び上位制御情報が伝送される。PDCCH (Physical Downlink Control Channel) により、PDSCH 及び PUSCH のスケジューリング情報などが伝送される。PCFICH (Physical Control Format Indicator Channel) により、PDCCH に用いる OFDM シンボル数が伝送される。PHICH (Physical Hybrid-ARQ Indicator Channel) により、PUSCH に対する HARQ の ACK/NACK が伝送される。

20

【0061】

上りリンクの通信チャネルは、各ユーザ端末 20 で共有される上りデータチャネルとしての PUSCH (Physical Uplink Shared Channel) と、上りリンクの制御チャネルである PUCCH (Physical Uplink Control Channel) とを有する。この PUSCH により、ユーザデータや上位制御情報が伝送される。また、PUCCH により、下りリンクのチャネル品質情報 (CQI: Channel Quality Indicator)、ACK/NACK などが伝送される。

【0062】

図 13 は、本実施の形態に係る無線基地局の構成例を示すブロック図である。無線基地局 10 は、オポチュニスティックビームフォーミングのための複数の送受信アンテナ 101 と、アンブ部 102 と、送受信部 103 と、ベースバンド信号処理部 104 と、呼処理部 105 と、伝送路インターフェース 106 とを備えている。

30

【0063】

下りリンクにおいて無線基地局 10 からユーザ端末 20 に送信されるユーザデータは、上位局装置 30 から伝送路インターフェース 106 を介してベースバンド信号処理部 104 に入力される。

【0064】

ベースバンド信号処理部 104 では、入力されたユーザデータに対して、PDCP レイヤの処理、ユーザデータの分割・結合、RLC (Radio Link Control) 再送制御の送信処理などの RLC レイヤの送信処理、MAC (Medium Access Control) 再送制御、例えば、HARQ の送信処理、スケジューリング、伝送フォーマット選択、チャネル符号化、逆高速フーリエ変換 (IFFT: Inverse Fast Fourier Transform) 処理、プリコーディング処理を行い、各送受信部 103 に転送する。また、下りリンクの制御情報に対してチャネル符号化や IFFT 処理などの送信処理を行い、各送受信部 103 に転送する。

40

【0065】

また、ベースバンド信号処理部 104 は、報知チャネルにより、ユーザ端末 20 に対して、在圏セルにおける通信のための制御情報を通知する。在圏セルにおける通信のための情報には、例えば、上りリンク又は下りリンクにおけるシステム帯域幅などが含まれる。

50

【 0 0 6 6 】

各送受信部 1 0 3 は、ベースバンド信号処理部 1 0 4 からアンテナ毎にプリコーディングして出力されたベースバンド信号を無線周波数帯に変換する。アンブ部 1 0 2 は、周波数変換された無線周波数信号を増幅して送受信アンテナ 1 0 1 より送信する。

【 0 0 6 7 】

一方、上りリンクによりユーザ端末 2 0 から無線基地局 1 0 に送信されるデータは、各送受信アンテナ 1 0 1 で受信されてアンブ部 1 0 2 に入力される。アンブ部 1 0 2 は、各送受信アンテナ 1 0 1 から入力される無線周波数信号を増幅して各送受信部 1 0 3 に送る。増幅された無線周波数信号は、各送受信部 1 0 3 でベースバンド信号に変換され、ベースバンド信号処理部 1 0 4 に入力される。

10

【 0 0 6 8 】

ベースバンド信号処理部 1 0 4 では、入力されたベースバンド信号に含まれるユーザデータに対して、高速フーリエ変換 (F F T : Fast Fourier Transform) 処理、逆離散フーリエ変換 (I D F T : inverse discrete Fourier Transform) 処理、誤り訂正復号、M A C 再送制御の受信処理、R L C レイヤ、P D C P レイヤの受信処理を行い、伝送路インターフェース 1 0 6 を介して上位局装置 3 0 に転送する。呼処理部 1 0 5 は、通信チャネルの設定や解放等の呼処理、無線基地局 1 0 の状態管理、無線リソースの管理などを行う。

【 0 0 6 9 】

図 1 4 は、本実施の形態に係るユーザ端末の構成例を示すブロック図である。ユーザ端末 2 0 は、複数の送受信アンテナ 2 0 1 と、アンブ部 2 0 2 と、送受信部 2 0 3 と、ベースバンド信号処理部 2 0 4 と、アプリケーション部 2 0 5 とを備えている。

20

【 0 0 7 0 】

下りリンクのデータは、複数の送受信アンテナ 2 0 1 で受信されてアンブ部 2 0 2 に入力される。アンブ部 2 0 2 は、各送受信アンテナ 2 0 1 から入力される無線周波数信号を増幅して各送受信部 2 0 3 に送る。増幅された無線周波数信号は、各送受信部 2 0 3 でベースバンド信号に変換され、ベースバンド信号処理部 2 0 4 に入力される。ベースバンド信号処理部 2 0 4 では、入力されたベースバンド信号に対して F F T 処理、誤り訂正復号、再送制御の受信処理などが行われる。下りリンクのデータに含まれるユーザデータは、アプリケーション部 2 0 5 に転送される。アプリケーション部 2 0 5 は、物理レイヤや M A C レイヤより上位のレイヤに関する処理などを行う。また、下りリンクのデータに含まれる報知情報もアプリケーション部 2 0 5 に転送される。

30

【 0 0 7 1 】

一方、上りリンクのユーザデータは、アプリケーション部 2 0 5 からベースバンド信号処理部 2 0 4 に入力される。ベースバンド信号処理部 2 0 4 では、入力されたユーザデータに対して、再送制御 (H - A R Q (Hybrid ARQ)) の送信処理、チャネル符号化、プリコーディング、離散フーリエ変換 (D F T : Discrete Fourier Transform) 処理、I F F T 処理などを行い、各送受信部 2 0 3 に転送する。各送受信部 2 0 3 は、ベースバンド信号処理部 2 0 4 から出力されたベースバンド信号を無線周波数帯に変換する。その後、アンブ部 2 0 2 は、周波数変換された無線周波数信号を増幅して送受信アンテナ 2 0 1 より送信する。

40

【 0 0 7 2 】

図 1 5 は、本実施の形態に係る無線基地局及びユーザ端末が有するベースバンド信号処理部の構成例を示すブロック図である。なお、図 1 5 では、構成の一部のみを示しているが、無線基地局 1 0 及びユーザ端末 2 0 は、必要な構成を不足なく備えている。

【 0 0 7 3 】

図 1 5 に示すように、無線基地局 1 0 は、ビーム生成部 3 0 1、下り制御情報生成部 3 0 2、下り制御情報符号化・変調部 3 0 3、下り送信データ生成部 3 0 4、下り送信データ符号化・変調部 3 0 5、下り参照信号生成部 3 0 6、下りチャネル多重部 3 0 7、スケジューリング部 3 0 8 を備えている。

50

【 0 0 7 4 】

ビーム生成部 3 0 1 は、あらかじめ決められたパターン、又はランダムなパターンの無線リソース（周波数帯域、時間スロット）を用いて、互いに直交する複数の送信ビームを生成する。

【 0 0 7 5 】

下り制御情報生成部 3 0 2 は、P D C C H で伝送されるユーザ端末固有（UE-specific）の下り制御情報（D C I）を生成する。ユーザ端末固有の下り制御情報には、P D S C H の割り当て情報である D L アサイメント（DL assignment）や、P U S C H の割り当て情報である U L グラント（UL grant）などが含まれる。また、この下り制御情報には、各ユーザ端末 2 0 に対して C Q I（又は C S I）のフィードバックを要求する制御情報が含まれている。

10

【 0 0 7 6 】

下り制御情報生成部 3 0 2 で生成された下り制御情報は、ユーザ端末に共通の共通制御情報と共に、P D C C H で伝送される下り制御情報として下り制御情報符号化・変調部 3 0 3 に入力される。下り制御情報符号化・変調部 3 0 3 は、入力された下り制御情報をチャネル符号化して変調する。変調された下り制御情報は、下りチャネル多重部 3 0 7 へと出力される。

【 0 0 7 7 】

下り送信データ生成部 3 0 4 は、ユーザ端末 2 0 毎に下りユーザデータを生成する。下り送信データ生成部 3 0 4 で生成された下りユーザデータは、上位制御情報と共に、P D S C H で伝送される下り送信データとして下り送信データ符号化・変調部 3 0 5 に入力される。下り送信データ符号化・変調部 3 0 5 は、各ユーザ端末 2 0 に対する下り送信データをチャネル符号化して変調する。変調された下り送信データは、下りチャネル多重部 3 0 7 へと出力される。

20

【 0 0 7 8 】

下り参照信号生成部 3 0 6 は、下り参照信号（C R S（Cell-specific Reference Signal）、C S I - R S、D M - R S など）を生成する。生成された下り参照信号は、下りチャネル多重部 3 0 7 へと出力される。なお、C Q I（又は C S I）の測定には、例えば、各送信ビームに固有の C S I - R S などが用いられる。

【 0 0 7 9 】

下りチャネル多重部 3 0 7 は、下り制御情報、下り参照信号、下り送信データ（上位制御情報を含む）を合成して下りリンク信号（送信信号）を生成する。具体的には、下りチャネル多重部 3 0 7 は、スケジューリング部 3 0 8 から通知されるスケジューリング情報に従い、スケジューリング部 3 0 8 において決定された複数のユーザ端末 2 0 に対して、下りリンク信号を送信ビーム毎に非直交多重する。下りチャネル多重部 3 0 7 で生成された下りリンク信号は、逆高速フーリエ変換処理、プリコーディング処理などを経て、送受信部 1 0 3 へと転送される。

30

【 0 0 8 0 】

スケジューリング部 3 0 8 は、上位局装置 3 0 からの指示情報や各ユーザ端末 2 0 からの C S I（C Q I（Channel Quality Indicator）、R I（Rank Indicator）など）に基づいて、下り送信データや下り制御情報に対する無線リソースの割り当てを指示するスケジューリング情報を生成する。また、スケジューリング部 3 0 8 は、フィードバックされた C Q I（又は C S I）に基づいて送信ビーム毎に非直交多重される複数のユーザ端末 U E を決定する。

40

【 0 0 8 1 】

この無線基地局 1 0 では、データ送信に用いられる送信ビームのビームベクトル（プリコード）がビーム生成部 3 0 1 で決定される。下り参照信号生成部 3 0 6 で生成された送信ビーム固有の下り参照信号（例えば、C S I - R S）は、各ビームベクトルに対応する送信ビームでユーザ端末 2 0 に送信される。また、C Q I（又は C S I）のフィードバックを要求する制御情報が下り制御情報生成部 3 0 2 で生成され、全てのユーザ端末 2 0 に

50

送信される。

【 0 0 8 2 】

各ユーザ端末 20 から C Q I (又は C S I) をフィードバックされると、スケジューリング部 308 は、フィードバックされた C Q I に基づいて各送信ビームのスケジューリングを行い、非直交多重するユーザ端末 20 を決定する。また、下りチャネル多重部 307 は、スケジューリング部 308 から通知されるスケジューリング情報に従い、スケジューリング部 308 で決定された複数のユーザ端末 20 に対して、下りリンク信号を送信ビーム毎に非直交多重する。また、無線基地局 10 は、各ユーザ端末 20 に対して、同じ送信ビームに非直交多重される他のユーザ端末 20 に関する情報を通知する。

【 0 0 8 3 】

図 15 に示すように、ユーザ端末 20 は、下り制御情報受信部 401、チャネル推定部 402、フィードバック部 403、干渉除去部 404、下り送信データ受信部 405 を備えている。

【 0 0 8 4 】

無線基地局 10 から送出された下りリンク信号は、送受信アンテナ 201 により受信され、サイクリックプリフィクスの除去、高速フーリエ変換処理などを経て、ベースバンド信号処理部 204 へと転送される。下りリンク信号は、ベースバンド信号処理部 204 で下り制御情報、下り送信データ (上位制御情報を含む)、下り参照信号に分離される。下り制御情報は下り制御情報受信部 401 に入力され、下り送信データは下り送信データ受信部 405 に入力され、下り参照信号はチャネル推定部 402 に入力される。

【 0 0 8 5 】

下り制御情報受信部 401 は、下り制御情報を復調し、チャネル推定部 402、フィードバック部 403、干渉除去部 404 などに出力する。チャネル推定部 402 は、下り制御情報により C Q I (又は C S I) のフィードバック要求を受けると、送信ビーム固有の下り参照信号 (C S I - R S など) に基づいてチャネル推定を行い、C Q I (又は C S I) を測定する。チャネル推定で得られた C Q I (又は C S I) はフィードバック部 403 を通じて無線基地局 10 にフィードバックされる。

【 0 0 8 6 】

干渉除去部 404 は、線形フィルタを用いて送信ビーム間の干渉を除去する。また、干渉除去部 404 は、送信ビーム毎に非直交多重された複数のユーザ端末 20 宛ての下りリンク信号から、他のユーザ端末 20 宛ての信号による干渉を除去する。具体的には、上位制御情報などで通知された自端末及び他のユーザ端末 20 の情報に基づき、非直交多重された他のユーザ端末 20 宛ての下りリンク信号を除去することで自端末宛ての下りリンク信号を分離する。下り送信データ受信部 405 は、分離された自端末宛ての下りリンク信号に基づいて、下り送信データを復調する。

【 0 0 8 7 】

このユーザ端末 20 では、下り制御情報受信部 401 が C Q I (又は C S I) のフィードバック要求を受けると、チャネル推定部 402 は、各送信ビームで送信された下り参照信号に基づいて C Q I (又は C S I) を算出する。算出された C Q I (又は C S I) は、フィードバック部 403 を通じて無線基地局 10 にフィードバックされる。

【 0 0 8 8 】

ユーザ端末 20 は、例えば、上位制御情報により、自端末宛ての情報と、他のユーザ端末 20 宛ての情報とを取得する。具体的には、ユーザ端末 20 は、送信ビーム間の干渉を示す情報、及び非直交多重される他のユーザ端末 20 に関する情報を取得する。この情報に基づき、干渉除去部 404 は、M M S E、I R C などの線形フィルタを用いて送信ビーム間の干渉を除去すると共に、同じ送信ビームに非直交多重された他のユーザ端末宛ての信号による干渉を S I C で除去する。S I C は、自端末より伝送路の状態が悪い (受信 S I N R が小さい、又はパルスが大き) ユーザ端末 U E 宛ての信号除去に適用される。他のユーザ端末 U E 宛ての信号による干渉を除去した後には、下り送信データ受信部 405 は、自端末宛ての下り送信データを復調する。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 9 】

以上のように、本実施の形態に係る無線通信システム 1 によれば、MIMO 伝送と同等のシステム特性を実現できるオポチュニスティックビームフォーミングに対して非直交多重を適用するので、スループット及びシステム容量をさらに高めることができる。

【 0 0 9 0 】

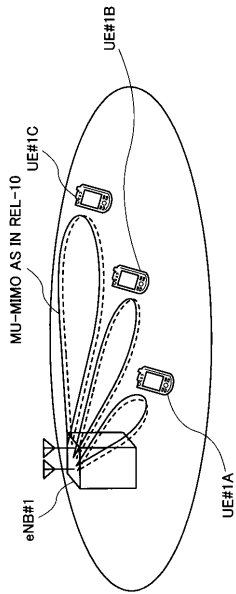
本発明は、その趣旨及び範囲を逸脱することなく修正及び変更態様として実施できる。つまり、本明細書の記載は、例示を目的とするものに過ぎず、本発明に対して制限を加えるものではない。

【 符号の説明 】

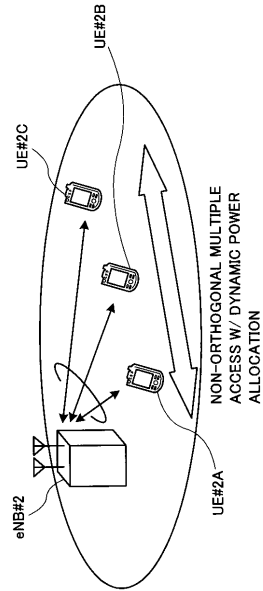
【 0 0 9 1 】

1	無線通信システム	
10	無線基地局	
20	ユーザ端末	
30	上位局装置	
40	コアネットワーク	
101	送受信アンテナ	
102	アンプ部	
103	送受信部	
104	ベースバンド信号処理部	
105	呼処理部	10
106	伝送路インターフェース	
201	送受信アンテナ	
202	アンプ部	
203	送受信部	
204	ベースバンド信号処理部	
205	アプリケーション部	
301	ビーム生成部	
302	下り制御情報生成部	
303	下り制御情報符号化・変調部	
304	下り送信データ生成部	
305	下り送信データ符号化・変調部	30
306	下り参照信号生成部	
307	下りチャネル多重部	
308	スケジューリング部	
401	下り制御情報受信部	
402	チャネル推定部	
403	フィードバック部	
404	干渉除去部	
405	下り送信データ受信部	

【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】

図 3A

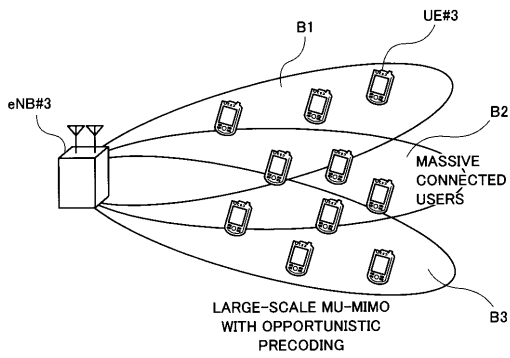
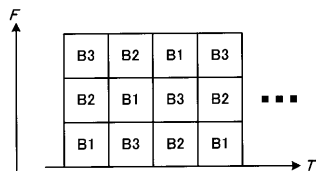
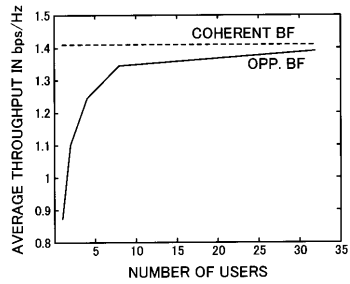


図 3B

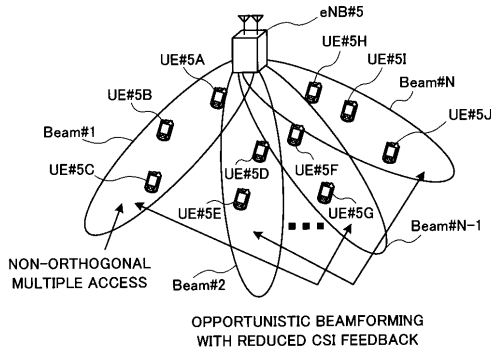


【 図 4 】

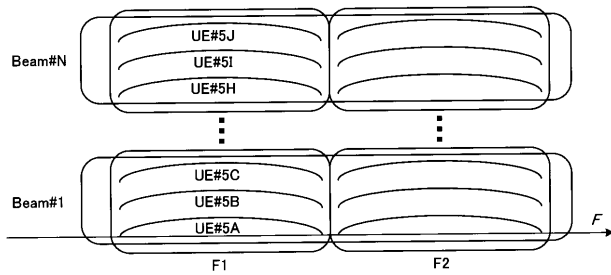


【 5 】

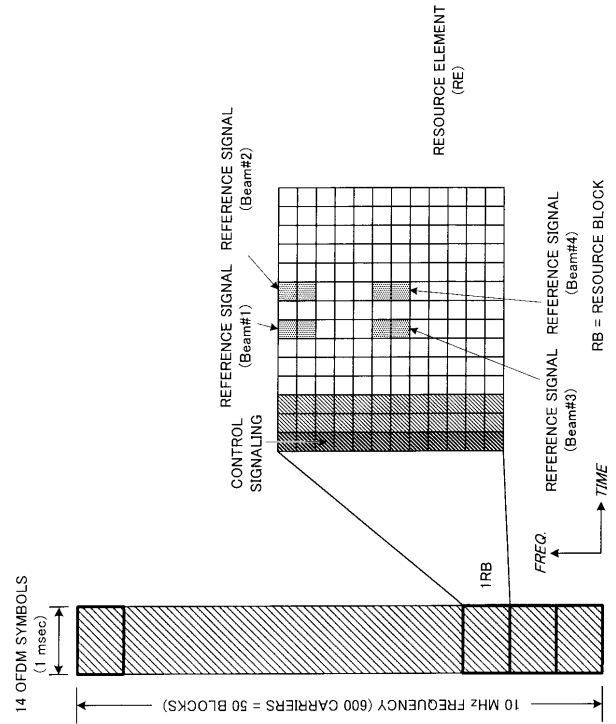
5A



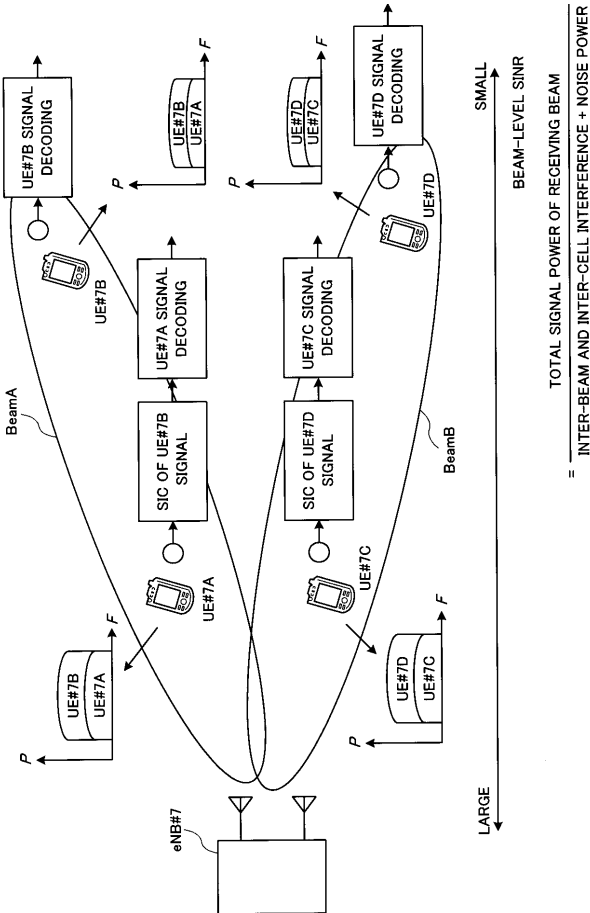
5B



【 6 】

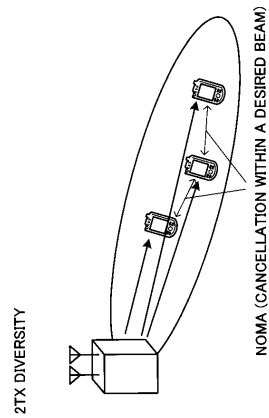


【 7 】

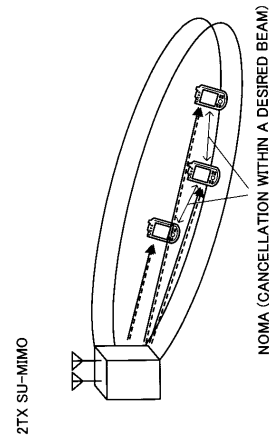


【 8 】

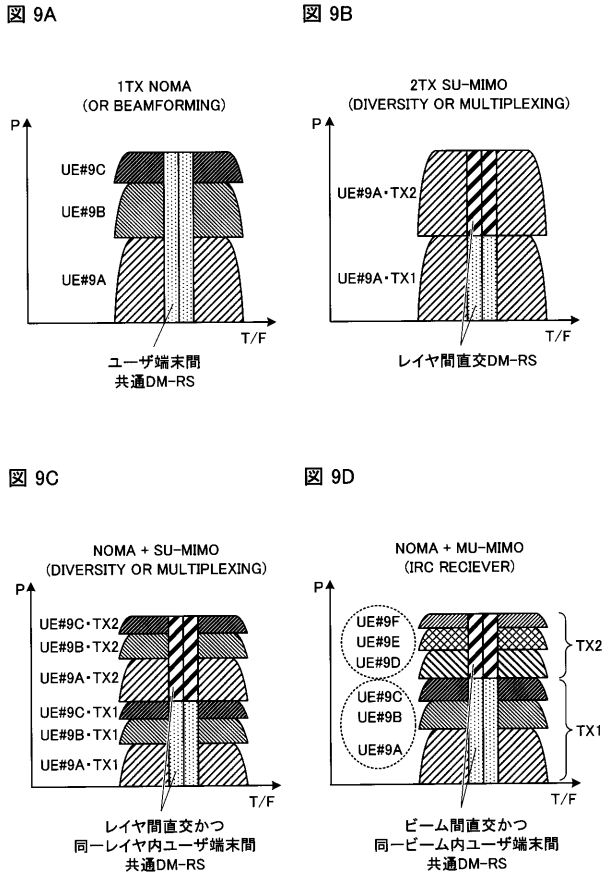
8B



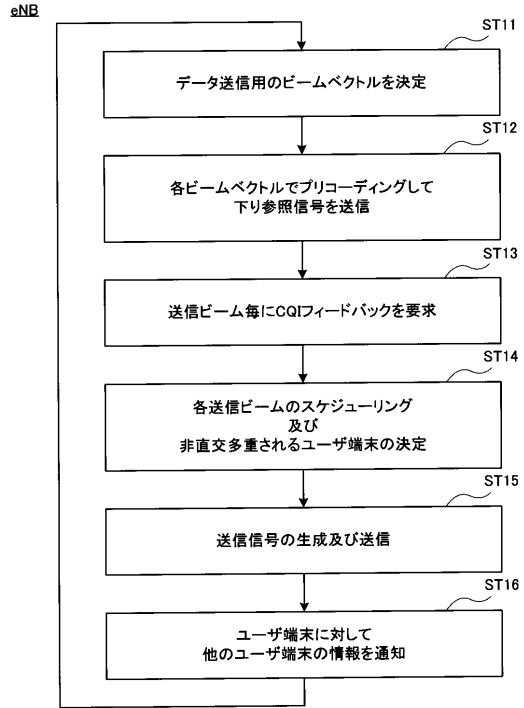
8A



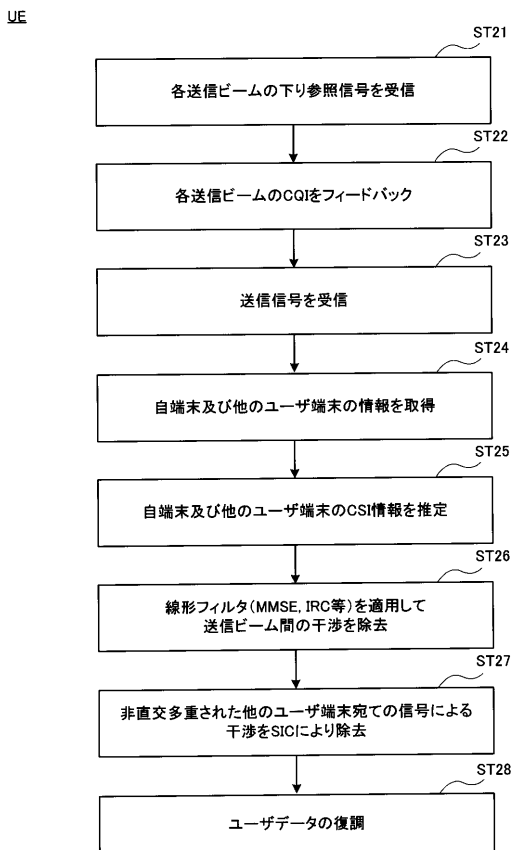
【 図 9 】



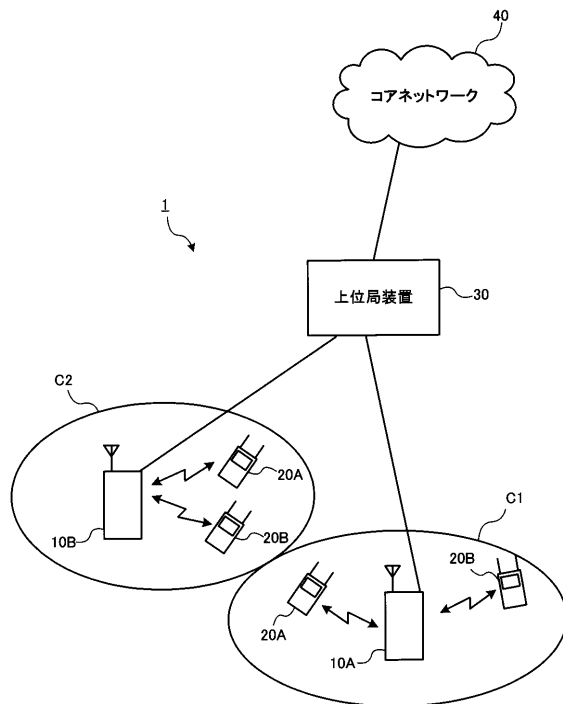
【 図 1 0 】



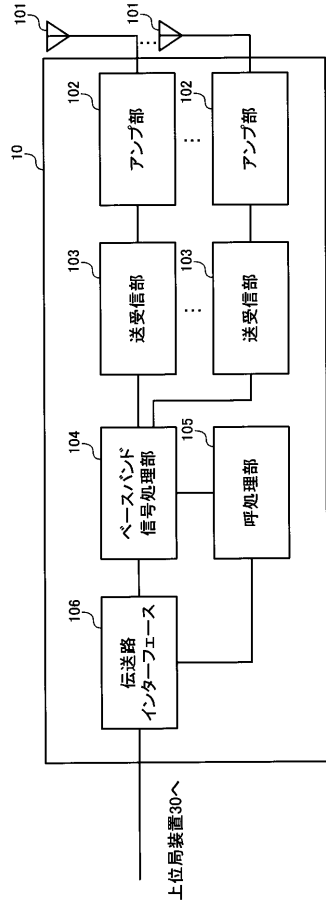
【 図 1 1 】



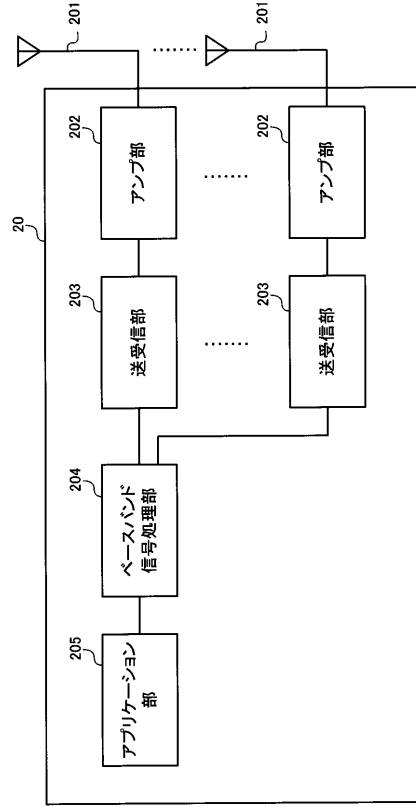
【 図 1 2 】



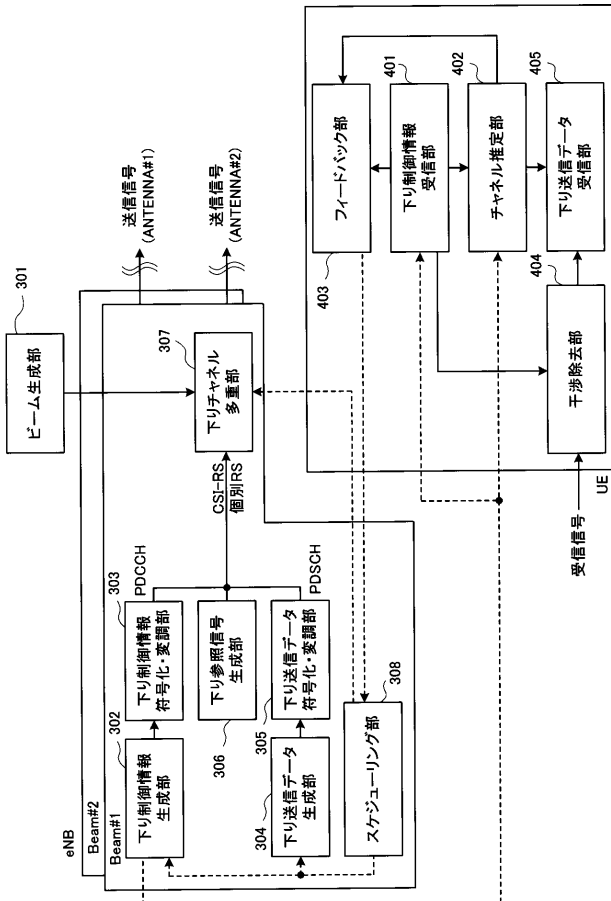
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】



フロントページの続き

(72)発明者 岸山 祥久

東京都千代田区永田町二丁目 1 1 番 1 号 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内

(72)発明者 樋口 健一

東京都千代田区永田町二丁目 1 1 番 1 号 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内

Fターム(参考) 5K067 CC02 EE02 EE10 EE22 KK03