

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6496827号
(P6496827)

(45) 発行日 平成31年4月10日(2019.4.10)

(24) 登録日 平成31年3月15日(2019.3.15)

(51) Int.Cl.		F I			
HO4B	7/06	(2006.01)	HO4B	7/06	960
HO4W	16/28	(2009.01)	HO4W	16/28	
			HO4B	7/06	956

請求項の数 52 (全 47 頁)

(21) 出願番号	特願2017-535671 (P2017-535671)	(73) 特許権者	507364838
(86) (22) 出願日	平成27年12月9日 (2015.12.9)		クアルコム、インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2018-506218 (P2018-506218A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア 921
(43) 公表日	平成30年3月1日 (2018.3.1)		21 サン ディエゴ モアハウス ドラ
(86) 国際出願番号	PCT/US2015/064807		イブ 5775
(87) 国際公開番号	W02016/111803	(74) 代理人	100108453
(87) 国際公開日	平成28年7月14日 (2016.7.14)		弁理士 村山 靖彦
審査請求日	平成30年8月10日 (2018.8.10)	(74) 代理人	100163522
(31) 優先権主張番号	62/100,350		弁理士 黒田 晋平
(32) 優先日	平成27年1月6日 (2015.1.6)	(72) 発明者	ヴァサンタン・ラグハヴァン
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国・カリフォルニア・921
(31) 優先権主張番号	62/100,352		21-1714・サン・ディエゴ・モアハ
(32) 優先日	平成27年1月6日 (2015.1.6)		ウス・ドライブ・5775
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ミリメートル波基地局におけるビーム整形およびワイヤレスデバイスにおける高速アンテナサブアレイ選択のための技法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ワイヤレスデバイスにおける通信の方法であって、

前記ワイヤレスデバイスにおいて、第1の信号をミリメートル波基地局から受信するステップであり、前記第1の信号が、第1のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトル上にビームフォーミングされる、ステップと、

複数のアンテナサブアレイの各々が前記ワイヤレスデバイスの複数のアンテナの異なるサブセットから構成された前記複数のアンテナサブアレイの各々によって受信された前記第1の信号の品質を識別するために、前記複数のアンテナサブアレイを走査するステップと、

前記複数のアンテナサブアレイの少なくとも1つによって受信された前記第1の信号の前記識別された品質に少なくとも部分的に基づいて、前記複数のアンテナサブアレイの1つを選択するステップと

を含み、

前記走査するステップが、

前記複数のアンテナサブアレイの各々で受信された前記第1の信号の前記品質を識別するために、サブアレイ選択コードブックからの複数のビームフォーミングベクトルに関して前記複数のアンテナサブアレイを走査するステップ

をさらに含む、方法。

【請求項2】

10

20

前記第1の信号の前記識別された品質に少なくとも基づいて、前記複数のアンテナサブアレイからそれぞれのサブアレイの前記サブアレイ選択コードブックからの前記複数のビームフォーミングベクトルから第1のビームフォーミングベクトルを選択するステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記サブアレイ選択コードブックが、
擬似オムニビームパターンコードブック、
アンテナ選択コードブック、
異なるビーム幅を有するコードブック、または
異なるコードブックからのビームフォーミングベクトルの組合せ
のうちの少なくとも1つを含む、請求項1に記載の方法。

10

【請求項4】

前記ミリメートル波基地局において複数のビームフォーミングベクトルから第2のビームフォーミングベクトルを識別するためのオンデマンド検索を開始するステップをさらに含み、前記第2のビームフォーミングベクトルが、異なるビーム幅を有するコードブック、またはワイヤレスデバイス固有のコードブックのうちの少なくとも1つを含むグループから識別される、

請求項1に記載の方法。

【請求項5】

前記選択されたアンテナサブアレイにおける前記第1の信号の前記品質が第1のしきい値を上回るか下回るかを判定するステップと、

20

判定する前記ステップに少なくとも部分的に基づいて第2の信号を前記ミリメートル波基地局に送信するステップと

をさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項6】

前記ワイヤレスデバイスにおいて、第3の信号を前記ミリメートル波基地局から受信するステップであり、前記第3の信号が、第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトル上にビームフォーミングされる、ステップと、

前記第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトルを走査するステップと、

30

前記第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトルを走査する前記ステップに少なくとも部分的に基づいて、前記第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトルから第2のビームフォーミングベクトルを識別するステップと

をさらに含む、請求項5に記載の方法。

【請求項7】

前記ワイヤレスデバイスによるビームフォーミングベクトルの選択に少なくとも部分的に基づいて前記第1のしきい値を適応させるステップ

をさらに含む、請求項5に記載の方法。

【請求項8】

ランダムアクセスチャネル(RACH)を介して前記第2の信号を送信するステップ

40

をさらに含む、請求項5に記載の方法。

【請求項9】

前記選択されたサブアレイにおける前記第1の信号の信号品質が前記第1のしきい値より低いことを決定するステップと、

前記選択されたサブアレイにおける前記第1の信号の信号品質が前記第1のしきい値より低いことを決定することに少なくとも部分的に基づいて、ミリメートル波キャリアネットワークと共存する低周波キャリアネットワークを介して前記第2の信号を送信するステップ

をさらに含む、請求項5に記載の方法。

【請求項10】

50

一意の識別情報ですでに確立されたコード化された低レート通信リンクを介して前記第2の信号を送信するステップ

をさらに含む、請求項5に記載の方法。

【請求項11】

前記第2の信号が、信号エネルギー推定値、ビームフォーミングベクトルインデックス、ビームフォーミングのための情報、またはそれらの組合せを含む、請求項5に記載の方法。

【請求項12】

前記第1の信号の前記品質を決定するために、前記第1の信号の信号対雑音比を計算するステップ

をさらに含む、請求項5に記載の方法。

【請求項13】

前記第1の信号が、指向性1次同期信号である、請求項1に記載の方法。

【請求項14】

ワイヤレス通信のための装置であって、

プロセッサと、

前記プロセッサと電子的に通信するメモリと、

前記メモリに記憶された命令と

を含み、前記命令が、前記プロセッサによって、

ワイヤレスデバイスにおいて、第1の信号をミリメートル波基地局から受信し、前記第1の信号が、第1のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトル上にビームフォーミングし、

複数のアンテナサブアレイの各々が前記ワイヤレスデバイスの複数のアンテナの異なるサブセットから構成された前記複数のアンテナサブアレイの各々によって受信された前記第1の信号の品質を識別するために、前記複数のアンテナサブアレイを走査し、

前記複数のアンテナサブアレイの少なくとも1つによって受信された前記第1の信号の前記識別された品質に少なくとも部分的に基づいて、前記複数のアンテナサブアレイの1つを選択する

ように実行可能であり、

前記命令が、前記プロセッサによって、

前記複数のアンテナサブアレイの各々で受信された前記第1の信号の前記品質を識別するために、サブアレイ選択コードブックからの複数のビームフォーミングベクトルに関して前記複数のアンテナサブアレイを走査する

ように実行可能である、装置。

【請求項15】

前記命令が、前記プロセッサによって、

前記第1の信号の前記識別された品質に少なくとも基づいて、前記複数のアンテナサブアレイの前記走査された部分からそのサブアレイの前記サブアレイ選択コードブックからの前記複数のビームフォーミングベクトルから第1のビームフォーミングベクトルを選択する

ように実行可能である、請求項14に記載の装置。

【請求項16】

前記サブアレイ選択コードブックが、

擬似オムニビームパターンコードブック、

アンテナ選択コードブック、

異なるビーム幅を有するコードブック、または

異なるコードブックからのビームフォーミングベクトルの組合せ

のうちの少なくとも1つを含む、請求項14に記載の装置。

【請求項17】

前記命令が、前記プロセッサによって、

10

20

30

40

50

前記ミリメートル波基地局において複数のビームフォーミングベクトルから第2のビームフォーミングベクトルを識別するためのオンデマンド検索を開始するように実行可能であり、前記第2のビームフォーミングベクトルが、異なるビーム幅を有するコードブック、またはワイヤレスデバイス固有のコードブックのうちの少なくとも1つを含むグループから識別される、

請求項14に記載の装置。

【請求項18】

前記命令が、前記プロセッサによって、

前記選択されたアンテナサブアレイにおける前記第1の信号の前記品質が第1のしきい値を上回るか下回るかを判定し、

前記判定に少なくとも部分的に基づいて第2の信号を前記ミリメートル波基地局に送信する

ように実行可能である、請求項14に記載の装置。

【請求項19】

前記命令が、前記プロセッサによって、

前記ワイヤレスデバイスにおいて、第3の信号を前記ミリメートル波基地局から受信し、前記第3の信号が、第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトル上にビームフォーミングされ、

前記第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトルを走査し、

前記第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトルを走査するステップに少なくとも部分的に基づいて、前記第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトルから第2のビームフォーミングベクトルを識別する

ように実行可能である、請求項18に記載の装置。

【請求項20】

前記命令が、前記プロセッサによって、

前記ワイヤレスデバイスによるビームフォーミングベクトルの選択に少なくとも部分的に基づいて前記第1のしきい値を適応させる

ように実行可能である、請求項18に記載の装置。

【請求項21】

前記命令が、前記プロセッサによって、

ランダムアクセスチャネル(RACH)を介して前記第2の信号を送信する

ように実行可能である、請求項18に記載の装置。

【請求項22】

前記命令が、前記プロセッサによって、

前記選択されたサブアレイにおける前記第1の信号の信号品質が前記第1のしきい値より低いことを決定し、

前記選択されたサブアレイにおける前記第1の信号の信号品質が前記第1のしきい値より低いことを決定することに少なくとも部分的に基づいて、ミリメートル波キャリアネットワークと共存する低周波キャリアネットワークを介して前記第2の信号を送信する

ように実行可能である、請求項18に記載の装置。

【請求項23】

前記命令が、前記プロセッサによって、

一意の識別情報ですでに確立されたコード化された低レート通信リンクを介して前記第2の信号を送信する

ように実行可能である、請求項18に記載の装置。

【請求項24】

前記第2の信号が、信号エネルギー推定値、ビームフォーミングベクトルインデックス、ビームフォーミングのための情報、またはそれらの組合せを含む、請求項18に記載の装置。

【請求項25】

前記命令が、前記プロセッサによって、
前記第1の信号の前記品質を決定するために、前記第1の信号の信号対雑音比を計算する
ように実行可能である、請求項18に記載の装置。

【請求項 26】

前記第1の信号が、指向性1次同期信号である、請求項14に記載の装置。

【請求項 27】

ワイヤレス通信のための装置であって、

ワイヤレスデバイスにおいて、第1の信号をミリメートル波基地局から受信するための
手段であり、前記第1の信号が、第1のコードブックからの複数のビームフォーミングベク
トル上にビームフォーミングされる、手段と、

複数のアンテナサブアレイの各々が前記ワイヤレスデバイスの複数のアンテナの異なる
サブセットから構成された前記複数のアンテナサブアレイの各々によって受信された前記
第1の信号の品質を識別するために、前記複数のアンテナサブアレイを走査するための手
段と、

前記複数のアンテナサブアレイの少なくとも1つによって受信された前記第1の信号の
前記識別された品質に少なくとも部分的に基づいて、前記複数のアンテナサブアレイの1
つを選択するための手段と、

前記複数のアンテナサブアレイの各々で受信された前記第1の信号の前記品質を識別す
るために、サブアレイ選択コードブックからの複数のビームフォーミングベクトルに関し
て前記複数のアンテナサブアレイを走査するための手段

を含む装置。

【請求項 28】

前記第1の信号の前記識別された品質に少なくとも基づいて、前記複数のアンテナサブ
アレイからそれぞれのサブアレイの前記サブアレイ選択コードブックからの前記複数のビ
ームフォーミングベクトルから第1のビームフォーミングベクトルを選択するための手段
をさらに含む、請求項27に記載の装置。

【請求項 29】

前記サブアレイ選択コードブックが、
擬似オムニビームパターンコードブック、
アンテナ選択コードブック、

異なるビーム幅を有するコードブック、または
異なるコードブックからのビームフォーミングベクトルの組合せ
のうちの少なくとも1つを含む、請求項27に記載の装置。

【請求項 30】

前記ミリメートル波基地局において複数のビームフォーミングベクトルから第2のビー
ムフォーミングベクトルを識別するためのオンデマンド検索を開始するための手段であり
、前記第2のビームフォーミングベクトルが、異なるビーム幅を有するコードブック、ま
たはワイヤレスデバイス固有のコードブックのうちの少なくとも1つを含むグループから
識別される、手段

をさらに含む、請求項27に記載の装置。

【請求項 31】

前記選択されたアンテナサブアレイにおける前記第1の信号の前記品質が第1のしきい値
を上回るか下回るかを判定するための手段と、

前記判定に少なくとも部分的に基づいて第2の信号を前記ミリメートル波基地局に送信
するための手段と

をさらに含む、請求項27に記載の装置。

【請求項 32】

前記ワイヤレスデバイスによるビームフォーミングベクトルの選択に少なくとも部分的
に基づいて前記第1のしきい値を適応させるための手段

をさらに含む、請求項31に記載の装置。

【請求項 3 3】

ランダムアクセスチャネル(RACH)を介して前記第2の信号を送信するための手段をさらに含む、請求項31に記載の装置。

【請求項 3 4】

前記選択されたサブアレイにおける前記第1の信号の信号品質が前記第1のしきい値より低いことを決定するための手段と、

前記選択されたサブアレイにおける前記第1の信号の信号品質が前記第1のしきい値より低いことを決定することに少なくとも部分的に基づいて、ミリメートル波キャリアネットワークと共存する低周波キャリアネットワークを介して前記第2の信号を送信するための手段と

10

をさらに含む、請求項31に記載の装置。

【請求項 3 5】

一意の識別情報ですでに確立されたコード化された低レート通信リンクを介して前記第2の信号を送信するための手段

をさらに含む、請求項31に記載の装置。

【請求項 3 6】

前記第2の信号が、信号エネルギー推定値、ビームフォーミングベクトルインデックス、ビームフォーミングのための情報、またはそれらの組合せを含む、請求項31に記載の装置。

【請求項 3 7】

20

前記第1の信号の前記品質を決定するために、前記第1の信号の信号対雑音比を計算するための手段

をさらに含む、請求項31に記載の装置。

【請求項 3 8】

前記ワイヤレスデバイスにおいて、第3の信号を前記ミリメートル波基地局から受信するための手段であり、前記第3の信号が、第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトル上にビームフォーミングされる、手段と、

前記第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトルを走査するための手段と、

前記第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトルを走査するステップに少なくとも部分的に基づいて、前記第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトルから第2のビームフォーミングベクトルを識別するための手段と

30

をさらに含む、請求項31に記載の装置。

【請求項 3 9】

前記第1の信号が、指向性1次同期信号である、請求項27に記載の装置。

【請求項 4 0】

ワイヤレスデバイスにおける通信のためのコードを記憶するコンピュータ可読記録媒体であって、前記コードが、

前記ワイヤレスデバイスにおいて、第1の信号をミリメートル波基地局から受信し、前記第1の信号が、第1のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトル上にビームフォーミングし、

40

複数のアンテナサブアレイの各々が前記ワイヤレスデバイスの複数のアンテナの異なるサブセットから構成された前記複数のアンテナサブアレイの各々によって受信された前記第1の信号の品質を識別するために、前記複数のアンテナサブアレイを走査し、

前記複数のアンテナサブアレイの少なくとも1つによって受信された前記第1の信号の前記識別された品質に少なくとも部分的に基づいて、前記複数のアンテナサブアレイの1つを選択する

ように実行可能である命令を含み、

前記走査が、

前記複数のアンテナサブアレイの各々で受信された前記第1の信号の前記品質を識別す

50

るために、サブアレイ選択コードブックからの複数のビームフォーミングベクトルに関して前記複数のアンテナサブアレイを走査する

ことをさらに含む、コンピュータ可読記録媒体。

【請求項 4 1】

前記コードが

前記第1の信号の前記識別された品質に少なくとも基づいて、前記複数のアンテナサブアレイの前記走査された部分からそれぞれのサブアレイの前記サブアレイ選択コードブックからの前記複数のビームフォーミングベクトルから第1のビームフォーミングベクトルを選択する

ように実行可能である命令をさらに含む、請求項40記載のコンピュータ可読記録媒体。

10

【請求項 4 2】

前記サブアレイ選択コードブックが、
擬似オムニビームパターンコードブック、
アンテナ選択コードブック、
異なるビーム幅を有するコードブック、

または

異なるコードブックからのビームフォーミングベクトルの組合せ

のうちの少なくとも1つを含む、請求項40に記載のコンピュータ可読記録媒体。

【請求項 4 3】

前記コードが

20

前記ミリメートル波基地局において複数のビームフォーミングベクトルから第2のビームフォーミングベクトルを識別するためのオンデマンド検索を開始するように実行可能であり、前記第2のビームフォーミングベクトルが、異なるビーム幅を有するコードブック、またはワイヤレスデバイス固有のコードブックのうちの少なくとも1つを含むグループから識別される、

請求項40に記載のコンピュータ可読記録媒体。

【請求項 4 4】

前記コードが

前記選択されたアンテナサブアレイにおける前記第1の信号の前記品質が第1のしきい値を上回るか下回るかを判定し、

30

前記判定に少なくとも部分的に基づいて第2の信号を前記ミリメートル波基地局に送信する

ように実行可能である命令をさらに含む、請求項40に記載のコンピュータ可読記録媒体。

【請求項 4 5】

前記コードが

前記ワイヤレスデバイスにおいて、第3の信号を前記ミリメートル波基地局から受信し、前記第3の信号が、第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトル上にビームフォーミングし、

前記第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトルを走査し、

40

前記第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトルを走査するステップに少なくとも部分的に基づいて、前記第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトルから第2のビームフォーミングベクトルを識別する

ように実行可能である命令をさらに含む、請求項44に記載のコンピュータ可読記録媒体。

【請求項 4 6】

前記コードが

前記ワイヤレスデバイスによるビームフォーミングベクトルの選択に少なくとも部分的に基づいて前記第1のしきい値を適応させる

ように実行可能である命令をさらに含む、請求項44に記載のコンピュータ可読記録媒体

50

。

【請求項 47】

前記コードが

ランダムアクセスチャネル(RACH)を介して前記第2の信号を送信する

ように実行可能である命令をさらに含む、請求項44に記載のコンピュータ可読記録媒体

。

【請求項 48】

前記コードが

前記選択されたサブアレイにおける前記第1の信号の信号品質が前記第1のしきい値より低いことを決定し、

前記選択されたサブアレイにおける前記第1の信号の信号品質が前記第1のしきい値より低いことを決定することに少なくとも部分的に基づいて、ミリメートル波キャリアネットワークと共存する低周波キャリアネットワークを介して前記第2の信号を送信する

ように実行可能である命令をさらに含む、請求項44に記載のコンピュータ可読記録媒体

。

【請求項 49】

前記コードが

一意の識別情報ですでに確立されたコード化された低レート通信リンクを介して前記第2の信号を送信する

ように実行可能である命令をさらに含む、請求項44に記載のコンピュータ可読記録媒体

。

【請求項 50】

前記第2の信号が、信号エネルギー推定値、ビームフォーミングベクトルインデックス、ビームフォーミングのための情報、またはそれらの組合せを含む、請求項44に記載のコンピュータ可読記録媒体。

【請求項 51】

前記コードが

前記第1の信号の前記品質を決定するために、前記第1の信号の信号対雑音比を計算する

ように実行可能である命令をさらに含む、請求項44に記載のコンピュータ可読記録媒体

。

【請求項 52】

前記第1の信号が、指向性1次同期信号である、請求項40に記載のコンピュータ可読記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

相互参照

本特許出願は、各々が本出願の譲受人に譲渡された、2015年8月10日に出願された「Techniques for Beam Shaping at a Millimeter Wave Base Station and Fast Antenna Subarray Selection at a Wireless Device」という名称のRaghavanらによる米国特許出願第14/822,681号、2015年1月6日に出願された「Techniques for Fast Selection of an Antenna Subarray and Beamforming for Millimeter Wave Wireless Connections」という名称のRaghavanらによる米国仮特許出願第62/100,352号、2015年1月6日に出願された「Techniques for Beam Shaping at a Millimeter Wave Base Station and a Wireless Device」という名称のRaghavanらによる米国仮特許出願第62/100,350号の優先権を主張する。

【0002】

以下は、一般にワイヤレス通信に関し、より詳細には、ミリメートル波基地局におけるビーム整形およびワイヤレスデバイスにおけるアンテナサブアレイの高速選択のための技法に関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【0003】

ワイヤレス通信システムは、音声、ビデオ、パケットデータ、メッセージング、ブロードキャストなどのような様々なタイプの通信コンテンツを提供するために広く展開されている。これらのシステムは、利用可能なシステムリソース(たとえば、時間、周波数、および電力)を共有することによって複数のユーザとの通信をサポートすることが可能な多元接続システムであり得る。そのような多元接続システムの例は、符号分割多元接続(CDMA)システム、時分割多元接続(TDMA)システム、周波数分割多元接続(FDMA)システム、および直交周波数分割多元接続(OFDMA)システム(たとえば、ロングタームエボリューション(LTE)システム)を含む。

【0004】

例として、ワイヤレス多元接続通信システムは、場合によってはユーザ機器(UE)として知られていることがある複数の通信デバイスのための通信を各々が同時にサポートする、いくつかの基地局を含み得る。基地局は、ダウンリンクチャネル(たとえば、基地局からUEへの送信用)およびアップリンクチャネル(たとえば、UEから基地局への送信用)上で通信デバイスと通信し得る。

【0005】

様々な通信システムは、システムの特定の必要性に応じて異なる周波数帯域を使用し得る。たとえば、高密度のUEが互いに比較的近接している場合、および/または比較的大量のデータが基地局から1つまたは複数のUEに、もしくはその逆に転送される場合、ミリメートル波周波数帯域(30~300GHzの間であり得る)が使用され得る。しかしながら、ミリメートル波長信号は、頻繁に高い経路損失を経験し、その結果、ミリメートル波長周波数を使用する基地局とUEとの間のアップリンク(UL)および/またはダウンリンク(DL)送信に指向性ビームフォーミング技法が使用され得る。指向性ビームフォーミング技法は、送信機が特定の伝搬経路上に信号を送信することを可能にし、受信機が特定の伝搬経路から信号を受信することを可能にし得る。この場合、UEと基地局との間に2つ以上の信号伝搬経路が存在し得る。しかしながら、指向性ビームに依存することは、ミリメートル波通信をよりリソース集約的にする可能性がある。

【0006】

基地局およびUEは、互いに通信するとき、各々複数のアンテナを使用し得る。通信速度および/またはその信頼性を向上させ得るアンテナダイバーシティ方式を利用するために、基地局およびUEにおける複数のアンテナが使用され得る。アンテナダイバーシティ方式を実装するために使用され得る様々なタイプの技法がある。たとえば、単一データストリームの受信機における信号対雑音比(SNR)を増加させるために、送信ダイバーシティが適用され得る。複数のアンテナを使用して複数の独立したストリームを送信することによってデータレートを増加させるために、空間ダイバーシティが適用され得る。受信信号品質を向上させ、フェージング耐性を向上させるために、複数の受信アンテナで受信された信号を結合するために、受信ダイバーシティが使用され得る。しかしながら、いくつかの場合には、モバイルデバイスを保持する手の位置、および/または身体によるニアフィールド効果が、UEにおける複数のアンテナで受信される信号に干渉する可能性がある。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0007】

ミリメートル波基地局でのビーム整形、およびワイヤレスデバイスにおけるアンテナサブアレイの高速選択のためのシステム、方法、および装置について説明する。本開示によれば、ワイヤレス通信システムは、ミリメートル波基地局およびワイヤレスデバイスにおいてビームフォーミングコードブックを動的に選択し、切り替えることによって、ユーザ機器(UE)発見待ち時間を改善し得る。最適なビームフォーミングコードブックを選択することによって、ワイヤレス通信システムは、リソースを損なうことなく基地局との間のリンクマージンを改善することができ得る。いくつかの例では、ワイヤレスデバイスは、ミリメートル波基地局からの受信信号が確立された信号対雑音(SNR)しきい値を満たすかど

10

20

30

40

50

うかを判定し得る。次いで、ワイヤレスデバイスは、ミリメートル波基地局との通信を確立するために最適なビームコードブックを選択し得る。追加または代替として、ワイヤレスデバイスは、さらに、選択されたビームコードブックをミリメートル波基地局にシグナリングし、選択に基づいてそのコードブックを調整するようにミリメートル波基地局に指示し得る。

【0008】

本開示によれば、ユーザ機器(UE)は、複数のアンテナサブアレイにおける信号対雑音比(SNR)を推定するために、単一のビームフォーミングベクトルに関して、複数のアンテナサブアレイを一度に1つずつ走査し得る。推定されたSNRに基づいて、UEは、受信された信号が、複数のアンテナサブアレイにおいて確立されたSNRしきい値レベルを上回るか下回るかを判定し得る。いくつかの例では、UEは、複数の走査されたアンテナサブアレイから、所望の信号品質を提供するアンテナサブアレイを選択し得る。追加または代替として、UEは、アンテナサブアレイを選択した後、基地局とUEとの間の後続のデータ位相のための改善されたリンクマージンを達成するために、UEおよび基地局におけるビームフォーミングベクトルのコードブックをさらに精製し得る。

10

【0009】

一例では、ワイヤレスデバイスにおける通信の方法について説明する。この方法は、ワイヤレスデバイスにおいて、第1のビームコードブックを使用してミリメートル波基地局から第1の信号を受信するステップと、第1のビームコードブックとは異なる第2のビームコードブックが送信された第1の信号において使用されることを動的に判定するステップと、ミリメートル波基地局に第2のビームコードブックを使用することを要求する第2の信号をミリメートル波基地局に送信するステップとを含み得る。

20

【0010】

一例では、ワイヤレスデバイスにおける通信のための装置について説明する。装置は、ワイヤレスデバイスにおいて、第1のビームコードブックを使用してミリメートル波基地局から第1の信号を受信するための手段と、第1のビームコードブックとは異なる第2のビームコードブックが送信された第1の信号において使用されることを動的に判定するための手段と、ミリメートル波基地局に第2のビームコードブックを使用することを要求する第2の信号をミリメートル波基地局に送信するための手段とを含み得る。

【0011】

一例では、ワイヤレスデバイスにおける通信のためのさらなる装置について説明する。装置は、プロセッサと、プロセッサと電子的に通信するメモリと、メモリ内に記憶された命令とを含み得、命令が、プロセッサによって、ワイヤレスデバイスにおいて、第1のビームコードブックを使用してミリメートル波基地局から第1の信号を受信し、第1のビームコードブックとは異なる第2のビームコードブックが送信された第1の信号において使用されることを動的に判定し、ミリメートル波基地局に第2のビームコードブックを使用することを要求する第2の信号をミリメートル波基地局に送信するように実行可能である。

30

【0012】

一例では、ワイヤレスデバイスにおける通信のためのコードを記憶する非一時的コンピュータ可読媒体について説明する。コードは、ワイヤレスデバイスにおいて、第1のビームコードブックを使用してミリメートル波基地局から第1の信号を受信し、第1のビームコードブックとは異なる第2のビームコードブックが送信された第1の信号において使用されることを動的に判定し、ミリメートル波基地局に第2のビームコードブックを使用することを要求する第2の信号をミリメートル波基地局に送信するように実行可能である命令を含み得る。

40

【0013】

上述した方法、装置、または非一時的コンピュータ可読媒体のいくつかの例は、受信された第1の信号の品質が第1のしきい値を上回るか下回るかを判定し、判定に少なくとも部分的に基づいて、第2のビームコードブックを動的に選択し、選択された第2のビームコードブックを識別する第2の信号をミリメートル波基地局に送信するためのプロセス、特徴

50

、手段、または命令をさらに含み得る。追加または代替として、いくつかの例は、第1の信号の品質が第2のしきい値を上回るか下回るかを判定し、判定に少なくとも部分的に基づいて、第2のビームコードブックを動的に選択するためのプロセス、特徴、手段、または命令を含み得る。追加または代替として、いくつかの例では、第2の信号は、信号エネルギー推定値、ビームフォーミングベクトルインデックス、ビームフォーミングのための情報、またはそれらの組合せを含む。

【0014】

上述した方法、装置、または非一時的コンピュータ可読媒体のいくつかの例は、ワイヤレスデバイスにおいて使用される第1の受信機ビームコードブックを、ミリメートル波基地局によって使用される第1のビームコードブックと関連するものとして識別し、第1の受信機ビームコードブックから、ミリメートル波基地局によって使用される第2のビームコードブックに関連する第2の受信機ビームコードブックへの切替えを要求するためのプロセス、特徴、手段、または命令をさらに含み得る。いくつかの例では、要求は、無線周波数チェーン(たとえば、位相シフタ、アナログデジタル変換器、アップ/ダウン変換器および/またはミキサ、デジタルアナログ変換器、リンクを確立するために必要な無線周波数回路など)のハードウェアおよび/もしくはソフトウェアの複雑さの問題、リンクの維持の問題、および/またはレート、信頼性、もしくはそれらの組合せなどのメトリックによる性能の向上に少なくとも部分的に基づき得る。追加または代替として、いくつかの例は、第2のビームコードブックの選択に少なくとも部分的に基づいて第1のしきい値を適合させるためのプロセス、特徴、手段、または命令を含み得る。

【0015】

上述した方法、装置、または非一時的コンピュータ可読媒体のいくつかの例では、第2のビームコードブックは、信号の品質が第1のしきい値を下回ると判定したことに応答して選択される。追加または代替として、いくつかの例では、第1のビームコードブックは、粗いコードブック(coarse codebook)であり、第2のビームコードブックは、擬似オムニビームパターンコードブック(pseudo-omni beam pattern codebook)、アンテナ選択コードブック、広ビームの粗いコードブック、わずかに狭いビームの中間コードブック(intermediate codebook)、最も狭いビームの細かいコードブック(fine codebook)、ミリメートル波基地局におけるワイヤレスデバイスに関する事前情報に基づくワイヤレスデバイス固有のコードブック、複数のワイヤレスデバイスへの同時協調送信による干渉を最小限に抑えるように最適に設計されたビームのコードブックなどのビーム否定コードブック(beam negation codebook)、他のワイヤレスデバイスへの干渉を犠牲にして特定のワイヤレスデバイスへの信号品質をトレードオフするビームのコードブック、または異なるコードブックからのビームフォーミングベクトルの組合せを含むグループから選択される。

【0016】

上述した方法、装置、または非一時的コンピュータ可読媒体のいくつかの例では、第2の信号は、ミリメートル波基地局が第2のビームコードブックに切り替わる旨の要求を含み、要求は、無線周波数チェーン(たとえば、位相シフタ、アナログデジタル変換器、アップ/ダウン変換器および/またはミキサ、デジタルアナログ変換器、リンクを確立するために必要な無線周波数回路など)のハードウェアおよび/もしくはソフトウェアの複雑さの問題、リンクの維持の問題、および/またはレート、信頼性、もしくはそれらの組合せなどのメトリックによる性能の向上に少なくとも部分的に基づき得る。追加または代替として、いくつかの例は、粗いコードブックを使用してランダムアクセスチャネル(RACH)を介して第2の信号を送信するためのプロセス、特徴、手段、または命令を含み得る。

【0017】

上述した方法、装置、または非一時的コンピュータ可読媒体のいくつかの例は、ミリメートル波キャリアネットワークと共存する低周波キャリアネットワークを介して第2の信号を送信するためのプロセス、特徴、手段、または命令をさらに含み得る。追加または代替として、いくつかの例では、第2の信号は、高コードレートで一意的識別情報で送信される遭難信号(distress signal)を含む。高コードレート信号は、貧弱なチャネル状態で

確実な情報回復を確実にするはるかに低いレートで有用な情報で、雑音およびフェージングの不確実性を克服するための冗長性が高い場合のものである。

【0018】

上述した方法、装置、または非一時的コンピュータ可読媒体のいくつかの例では、第1の信号は、指向性1次同期信号(DPSS)である。追加または代替として、いくつかの例は、第1の信号の品質を決定するために第1の信号の信号対雑音比(SNR)を計算するためのプロセス、特徴、手段、または命令を含み得る。

【0019】

一例では、ワイヤレスデバイスにおける通信の別の方法について説明する。この方法は、ワイヤレスデバイスにおいて、第1の信号をミリメートル波基地局から受信するステップであり、第1の信号が、第1のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトル上にビームフォーミングされる、ステップと、複数のアンテナサブアレイの少なくとも一部で受信された第1の信号の品質を識別するために、サブアレイ選択コードブックからの複数のビームフォーミングベクトルに関して複数のアンテナサブアレイの一部を走査するステップと、第1の信号の識別された品質に少なくとも部分的に基づいて、複数のアンテナサブアレイの走査された部分から1つのアンテナサブアレイを選択するステップとを含み得る。

10

【0020】

一例では、ワイヤレスデバイスにおける通信のための別の装置について説明する。この装置は、ワイヤレスデバイスにおいて、ミリメートル波基地局から第1の信号を受信するための手段と、複数のアンテナサブアレイの少なくとも一部で受信された第1の信号の品質を識別するために、サブアレイ選択コードブックからの複数のビームフォーミングベクトルに関して複数のアンテナサブアレイの一部を走査するための手段と、第1の信号の識別された品質に少なくとも部分的に基づいて、複数のアンテナサブアレイの走査された部分から1つのアンテナサブアレイを選択するための手段とを含み得る。

20

【0021】

一例では、ワイヤレスデバイスにおける通信のためのさらなる装置について説明する。装置は、プロセッサと、プロセッサと電子的に通信するメモリと、メモリ内に記憶された命令とを含み得、命令が、プロセッサによって、ワイヤレスデバイスにおいて、ミリメートル波基地局から第1の信号を受信し、複数のアンテナサブアレイの少なくとも一部で受信された第1の信号の品質を識別するために、サブアレイ選択コードブックからの複数のビームフォーミングベクトルに関して複数のアンテナサブアレイの一部を走査し、第1の信号の識別された品質に少なくとも部分的に基づいて、複数のアンテナサブアレイの走査された部分から1つのアンテナサブアレイを選択するように実行可能である。

30

【0022】

一例では、ワイヤレスデバイスにおける通信のためのコードを記憶する別の非一時的コンピュータ可読媒体について説明する。コードは、ワイヤレスデバイスにおいて、ミリメートル波基地局から第1の信号を受信し、複数のアンテナサブアレイの少なくとも一部で受信された第1の信号の品質を識別するために、サブアレイ選択コードブックからの複数のビームフォーミングベクトルに関して複数のアンテナサブアレイの一部を走査し、第1の信号の識別された品質に少なくとも部分的に基づいて、複数のアンテナサブアレイの走査された部分から1つのアンテナサブアレイを選択するように実行可能な命令を含み得る。

40

【0023】

上述した方法、装置、または非一時的コンピュータ可読媒体のいくつかの例では、サブアレイ選択コードブックは、ピークビームフォーミング利得を犠牲にして、ワイヤレスデバイス発見待ち時間を最小限に抑えるように最適に設計された広いビームスペースエリアをカバーする広ビームの粗いコードブックを含み得る。サブアレイ選択コードブックは、より小さいビームスペースエリアをカバーし、ワイヤレスデバイス発見待ち時間とピークビームフォーミング利得との間のトレードオフ曲線における別の点に対応するわずかに狭

50

いビームの中間コードブックも含み得る。サブアレイ選択コードブックは、最小のビームスペースエリアをカバーし、最大のピークビームフォーミング利得に対応する最も狭いビームの細かいコードブックも含み得る。サブアレイ選択コードブックは、ワイヤレスデバイスにおける近距離場障害(near-field impairment)を軽減するように適切に設計されたコードブックも含み得る。サブアレイ選択コードブックは、ワイヤレスデバイスにおけるチャンネル推定タスクを支援するように適切に設計された特別な構造を有するコードブックも含み得る。サブアレイ選択コードブックは、無線周波数ハードウェアおよび/またはソフトウェアの複雑さの低減を支援し、システムの複雑さまたはコストを低減するように適切に設計された特別な構造を有するコードブックも含み得る。サブアレイ選択コードブックは、擬似オムニビームパターンコードブックまたはアンテナ選択コードブックも含み得る。サブアレイ選択コードブックは、その異なるコードブックからのビームフォーミングベクトルの任意の組合せも含み得る。

10

【0024】

上述した方法、装置、または非一時的コンピュータ可読媒体のいくつかの例は、選択されたアンテナサブアレイにおける第1の信号の品質が第1のしきい値を上回るか下回るかを判定し、判定に少なくとも部分的に基づいて第2の信号をミリメートル波基地局に送信するためのプロセス、特徴、手段、または命令をさらに含む得る。追加または代替として、いくつかの例は、選択されたアンテナサブアレイにおける第1の信号の品質が第1のしきい値を下回ると判定すると、粗いコードブックからの複数のビームフォーミングベクトルを走査し、走査に少なくとも部分的に基づいて、複数のビームフォーミングベクトルから第1のビームフォーミングベクトルを識別するためのプロセス、特徴、手段、または命令を含む得る。

20

【0025】

上述した方法、装置、または非一時的コンピュータ可読媒体のいくつかの例は、ワイヤレスデバイスにおいて、第3の信号をミリメートル波基地局から受信し、第3の信号が、第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトル上にビームフォーミングされ、第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトルを走査し、走査に少なくとも部分的に基づいて、第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトルから第2のビームフォーミングベクトルを識別するためのプロセス、特徴、手段、または命令をさらに含む得る。

30

【0026】

上述した方法、装置、または非一時的コンピュータ可読媒体のいくつかの例は、選択されたアンテナサブアレイにおける第1の信号の品質が第2のしきい値を下回ると判定し、判定に少なくとも部分的に基づいて、複数のビームフォーミングベクトルから1つのビームフォーミングベクトルを識別し、ビームフォーミングベクトルが、サブアレイ選択コードブックから識別される、ためのプロセス、特徴、手段、または命令をさらに含む得る。

【0027】

サブアレイ選択コードブックは、ピークビームフォーミング利得を犠牲にして、ワイヤレスデバイス発見待ち時間を最小限に抑えるように最適に設計された広いビームスペースエリアをカバーする広ビームの粗いコードブックを含む得る。追加または代替として、サブアレイ選択コードブックは、より小さいビームスペースエリアをカバーし、ワイヤレスデバイス発見待ち時間とピークビームフォーミング利得との間のトレードオフ曲線における別の点に対応するわずかに狭いビームの中間コードブックを含むことができる。追加または代替として、サブアレイ選択コードブックは、最小のビームスペースエリアをカバーし、最大のピークビームフォーミング利得に対応する最も狭いビームの細かいコードブックを含むことができる。追加または代替として、サブアレイ選択コードブックは、ワイヤレスデバイスにおける近距離場障害を軽減するように適切に設計されたコードブックを含むことができる。追加または代替として、サブアレイ選択コードブックは、ワイヤレスデバイスにおけるチャンネル推定タスクを支援するように適切に設計された特別な構造を有するコードブックを含むことができる。追加または代替として、サブアレイ選択コードブック

40

50

クは、無線周波数設計を支援し、システムの複雑さまたはコストを低減するように適切に設計された特別な構造を有するコードブックを含むことができる。追加または代替として、サブアレイ選択コードブックは、擬似オムニビームパターンコードブックおよび/またはアンテナ選択コードブックを含むことができる。追加または代替として、サブアレイ選択コードブックは、異なるコードブックからのビームフォーミングベクトルの組合せを含むことができる。

【0028】

追加または代替として、いくつかの例は、ミリメートル波基地局において複数のビームフォーミングベクトルから第2のビームフォーミングベクトルを識別するためのオンデマンド検索を開始し、第2のビームフォーミングベクトルは、擬似オムニビームパターンコードブック、アンテナ選択コードブック、粗いコードブック、中間コードブック、細かいコードブック、近距離場障害軽減コードブック、チャネル推定コードブック、複雑度低減コードブック、またはワイヤレスデバイス固有のコードブックのうちの少なくとも1つを含むグループから識別される、ためのプロセス、特徴、手段、または命令を含み得る。

【0029】

上述した方法、装置、または非一時的コンピュータ可読媒体のいくつかの例は、ワイヤレスデバイスによるビームフォーミングベクトルの選択に少なくとも部分的に基づいて第1のしきい値を適応させるためのプロセス、特徴、手段、または命令をさらに含み得る。追加または代替として、いくつかの例は、ランダムアクセスチャネル(RACH)を介して第2の信号を送信するためのプロセス、特徴、手段、または命令を含み得る。

【0030】

上述した方法、装置、または非一時的コンピュータ可読媒体のいくつかの例は、ミリメートル波キャリアネットワークと共存する低周波キャリアネットワークを介して第2の信号を送信するためのプロセス、特徴、手段、または命令をさらに含み得る。追加または代替として、いくつかの例では、第2の信号は、一意の識別情報ですでに確立された高度にコード化された低レートチャネル/ネットワークを介して送信され得る。追加または代替として、いくつかの例では、第2の信号は、信号エネルギー推定値、ビームフォーミングベクトルインデックス、ビームフォーミングのための情報、またはそれらの組合せを含む。

【0031】

上述した方法、装置、または非一時的コンピュータ可読媒体のいくつかの例は、第1の信号の品質を決定するために第1の信号の信号対雑音比を計算するためのプロセス、特徴、手段、または命令をさらに含み得る。追加または代替として、いくつかの例では、第1の信号は指向性1次同期信号(DPSS)である。

【0032】

上では、以下の発明を実施するための形態がより良く理解され得るように、本開示による例の特徴および技術的利点をかなり広く概説した。以下で、追加の特徴および利点が説明される。開示される概念および具体例は、本開示の同じ目的を実行するための他の構造を変更または設計するための基礎として容易に利用され得る。そのような等価な構造は、添付の特許請求の範囲の範囲から逸脱しない。本明細書で開示される概念の特性、それらの編成と動作の方法の両方が、添付の図とともに検討されると、関連する利点とともに以下の説明からより良く理解されよう。図の各々は、例示および説明のために提供され、特許請求の範囲の限界を定めるものではない。

【0033】

以下の図面の参照によって、本開示の性質および利点のさらなる理解が得られ得る。添付図面では、同様の構成要素または特徴は、同じ参照ラベルを有し得る。さらに、同じタイプの様々な構成要素は、参照ラベルの後に、ダッシュと、同様の構成要素を区別する第2のラベルとを続けることによって区別され得る。第1の参照ラベルのみが本明細書で 사용되는場合、説明は、第2の参照ラベルにかかわらず、同じ第1の参照ラベルを有する同様の構成要素のうちのいずれにも適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】本開示の様々な態様による、ワイヤレス通信システムの一例を示す図である。

【図2】本開示の様々な態様による、ワイヤレス通信サブシステムの一部を示す図である。

。

【図3】本開示の様々な態様による、ワイヤレス通信サブシステムの一部を示す図である。

。

【図4A】本開示の様々な態様による、ミリメートルワイヤレスデバイスにおけるビーム整形のブロック図の一例を示す図である。

【図4B】本開示の様々な態様による、ミリメートルワイヤレスデバイスにおけるビーム整形のブロック図の一例を示す図である。 10

【図5】本開示の様々な態様による、ミリメートル波基地局におけるビーム整形および/またはワイヤレスデバイスにおけるアンテナサブアレイの高速選択のために構成されたユーザ機器(UE)のブロック図である。

【図6】本開示の様々な態様による、ミリメートル波基地局およびワイヤレスデバイスにおけるビーム整形のために構成されたUEのブロック図である。

【図7】本開示の様々な態様による、ミリメートル波基地局およびワイヤレスデバイスにおけるビーム整形のために構成された通信管理モジュールのブロック図である。

【図8】本開示の様々な態様による、アンテナサブアレイの高速選択およびミリメートル波ワイヤレス接続のためのビームフォーミングのために構成されたUEのブロック図である 20

。

【図9】本開示の様々な態様による、アンテナサブアレイの高速選択およびミリメートル波ワイヤレス接続のためのビームフォーミングのために構成された通信管理モジュールのブロック図である。

【図10】本開示の様々な態様による、ミリメートル波基地局でのビーム整形および/またはワイヤレスデバイスでのアンテナサブアレイの高速選択のために構成されたUEを含むシステムのブロック図である。

【図11】本開示の様々な態様による、ミリメートル波基地局およびワイヤレスデバイスにおけるビーム整形のための方法を説明するフローチャートである。

【図12】本開示の様々な態様による、ミリメートル波基地局およびワイヤレスデバイスにおけるビーム整形のための方法を説明するフローチャートである。 30

【図13】本開示の様々な態様による、ミリメートル波基地局およびワイヤレスデバイスにおけるビーム整形のための方法を説明するフローチャートである。

【図14】本開示の様々な態様による、ミリメートル波基地局およびワイヤレスデバイスにおけるビーム整形のための方法を説明するフローチャートである。

【図15】本開示の様々な態様による、ミリメートル波基地局およびワイヤレスデバイスにおけるビーム整形のためのプロセスフローの一例を示す図である。

【図16】本開示の様々な態様による、アンテナサブアレイの高速選択およびミリメートル波ワイヤレス接続のためのビームフォーミングのための方法を示すフローチャートである。 40

【図17】本開示の様々な態様による、アンテナサブアレイの高速選択およびミリメートル波ワイヤレス接続のためのビームフォーミングのための方法を示すフローチャートである。

【図18】本開示の様々な態様による、アンテナサブアレイの高速選択およびミリメートル波ワイヤレス接続のためのビームフォーミングのための方法を示すフローチャートである。

【図19】本開示の様々な態様による、アンテナサブアレイの高速選択およびミリメートル波ワイヤレス接続のためのビームフォーミングのための方法を示すフローチャートである。

【図20】本開示の様々な態様による、アンテナサブアレイの高速選択およびミリメートル 50

ル波ワイヤレス接続のためのビームフォーミングのための方法を示すフローチャートである。

【図21】本開示の様々な態様による、アンテナサブアレイの高速選択およびミリメートル波ワイヤレス接続のためのビームフォーミングのためのプロセスフローの一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0035】

記載された特徴は、一般に、ミリメートル波基地局およびワイヤレスデバイスにおけるビーム整形のための改良されたシステム、方法、または装置に関する。上記で説明したように、ミリメートル波長信号は、頻繁に高い経路損失を経験し、その結果、ミリメートル波長周波数を使用する基地局とUEとの間のアップリンク(UL)またはダウンリンク(DL)送信に指向性ビームフォーミング技法が使用され得る。指向性ビームフォーミング技法は、送信機が特定の伝搬経路上に信号を送信することを可能にし、受信機が特定の伝搬経路から信号を受信することを可能にし得る。

【0036】

しかしながら、基地局とUEとの間のリンクマージンの品質は、ミリメートル波基地局に対するUEの位置、またはビームフォーミングのために基地局およびUEによって利用されるコードブックのタイプを含むいくつかの要因に依存し得る。たとえば、より広いビームコードブック(たとえば、粗いコードブックまたは中間コードブック)は、ピーク利得を譲歩することによってより大きい物理的な角度空間を占め得るが、より大きい電力利得を提供し得るより細かいビームと比較して、より広いビームを介してUEで経験される信号の品質は不十分であり得る。一方、しかしながら、より細かいビーム形状は、同じ物理的角度のカバレッジ領域にわたるカバレッジを保証するために大きいビームセットを通過する必要があるため、ミリメートル波基地局とUEとの間にかなりの待ち時間を被る可能性がある。したがって、複数のビームコードブックからビームコードブックを最適に選択することによって、UE発見待ち時間を短縮し、リンクマージンを向上させ得る。

【0037】

以下の説明は、例を提供し、特許請求の範囲に記載の範囲、適用性、または例を限定するものではない。説明する要素の機能および構成において、本開示の範囲から逸脱することなく変更が加えられ得る。様々な例は、必要に応じて、様々な手順または構成要素を省略、置換、または追加することができる。たとえば、説明する方法は、説明する順序とは異なる順序で実行されてもよく、様々なステップが追加、省略、または組み合わせられてもよい。また、いくつかの例に関して説明する特徴は、他の例において組み合わせられ得る。

【0038】

図1は、本開示の様々な態様による、ワイヤレス通信システム100の例を示す。システム100は、基地局105と、少なくとも1つのUE115と、コアネットワーク130とを含む。コアネットワーク130は、ユーザ認証、アクセス許可、トラッキング、インターネットプロトコル(IP)接続、および他のアクセス機能、ルーティング機能、またはモビリティ機能を提供し得る。基地局105は、バックホールリンク132(たとえば、S1など)を通じてコアネットワーク130とインターフェースする。基地局105は、UE115との通信のための無線構成およびスケジューリングを実行し得るか、または基地局コントローラ(図示せず)の制御下で動作し得る。様々な例では、基地局105は、ワイヤード通信リンクまたはワイヤレス通信リンクであり得るバックホールリンク134(たとえば、X1など)を介して、直接的にまたは間接的に(たとえば、コアネットワーク130を通じて)のいずれかで、互いと通信し得る。

【0039】

基地局105は、1つまたは複数の基地局アンテナを介して、UE115とワイヤレス通信することができる。基地局105の各々は、それぞれの地理的カバレッジエリア110に通信カバレッジを提供し得る。いくつかの例では、基地局105は、トランシーバ基地局、無線基地局、アクセスポイント、無線送受信機、NodeB、eNodeB(eNB)、ホームNodeB、ホームeNodeB、または何らかの他の適切な用語で呼ばれることがある。基地局105の地理的カバレッジ

エリア110は、カバレッジエリアの一部分のみを構成するセクタ(図示せず)に分割され得る。ワイヤレス通信システム100は、異なるタイプの基地局105(たとえば、マクロセル基地局またはスモールセル基地局)を含み得る。異なる技術のための重複する地理的カバレッジエリア110があり得る。

【0040】

いくつかの例では、ワイヤレス通信システム100は、ロングタームエボリューション(LTE)/LTEアドバンスド(LTE-A)ネットワークである。LTE/LTE-Aネットワークでは、発展型ノードB(eNB)という用語は、一般に基地局105を表すために使用され得る一方、UEという用語は、一般にUE115を表すために使用され得る。ワイヤレス通信システム100は、異なるタイプのeNBが様々な地理的領域にカバレッジを提供する異種LTE/LTE-Aネットワークであり得る。たとえば、各eNBまたは基地局105は、マクロセル、スモールセル、または他のタイプのセルに通信カバレッジを提供し得る。「セル」という用語は、文脈に応じて、基地局、基地局に関連するキャリアもしくはコンポーネントキャリア、またはキャリアもしくは基地局のカバレッジエリア(たとえば、セクタなど)を説明するために使用され得る3GPP用語である。

10

【0041】

マクロセルは、一般に、比較的大きい地理的エリア(たとえば、半径数キロメートル)をカバーし、ネットワークプロバイダのサービスに加入しているUE115による無制限アクセスを可能にし得る。スモールセルは、マクロセルと比較すると、マクロセルと同じまたはマクロセルとは異なる(たとえば、認可、無認可などの)周波数帯域で動作し得る低電力基地局である。スモールセルは、様々な例に従って、ピコセル、フェムトセル、およびマイクロセルを含み得る。ピコセルは、たとえば、小さい地理的エリアをカバーすることができ、ネットワークプロバイダのサービスに加入しているUE115による無制限アクセスを許容し得る。フェムトセルも、小さい地理的エリア(たとえば、自宅)をカバーすることができ、フェムトセルとの関連性を有するUE115(たとえば、限定加入者グループ(CSG)中のUE115、自宅内のユーザのためのUE115など)による制限されたアクセスを提供し得る。マクロセルのためのeNBは、マクロeNBと呼ばれることがある。スモールセルのためのeNBは、スモールセルeNB、ピコeNB、フェムトeNB、またはホームeNBと呼ばれることがある。eNBは、1つまたは複数(たとえば、2つ、3つ、4つなど)のセル(たとえば、コンポーネントキャリア)をサポートし得る。

20

30

【0042】

ワイヤレス通信システム100は、同期動作または非同期動作をサポートすることができる。同期動作の場合、基地局105は、同様のフレームタイミングを有し得、異なる基地局105からの送信は、時間的にほぼ整合され得る。非同期動作の場合、基地局105は、異なるフレームタイミングを有し得、異なる基地局105からの送信は、時間的に整合されないことがある。本明細書で説明する技法は、同期動作または非同期動作のいずれかに使用され得る。

【0043】

様々な開示する例のいくつかに適応し得る通信ネットワークは、階層化プロトコルスタックに従って動作するパケットベースネットワークであり得、ユーザプレーンにおけるデータは、IPに基づき得る。無線リンク制御(RLC)レイヤは、論理チャネルを介して通信するために、パケットのセグメンテーションおよびリアセンブリを実行し得る。媒体アクセス制御(MAC)レイヤは、優先度処理および論理チャネルのトランスポートチャネルへの多重化を実行し得る。MACレイヤはまた、MACレイヤにおける再送信を行ってリンク効率を改善するために、ハイブリッド自動再送要求(HARQ)を使用し得る。制御プレーンでは、無線リソース制御(RRC)プロトコルレイヤは、UE115と基地局105との間のRRC接続の確立、構成、および維持を提供し得る。RRCプロトコルレイヤはまた、ユーザプレーンデータのための無線ベアラのコアネットワーク130サポートに使用され得る。物理(PHY)レイヤにおいて、トランスポートチャネルは物理チャネルにマッピングされ得る。

40

【0044】

50

UE115は、ワイヤレス通信システム100全体にわたって分散され得、各UE115は固定または移動であり得る。UE115はまた、移動局、加入者局、モバイルユニット、加入者ユニット、ワイヤレスユニット、リモートユニット、モバイルデバイス、ワイヤレスデバイス、ワイヤレス通信デバイス、リモートデバイス、モバイル加入者局、アクセス端末、モバイル端末、ワイヤレス端末、リモート端末、ハンドセット、ユーザエージェント、モバイルクライアント、クライアント、または何らかの他の適切な用語を含むことがあり、または当業者によってそのように呼ばれることがある。UE115は、携帯電話、携帯情報端末(PDA)、ワイヤレスモデム、ワイヤレス通信デバイス、ハンドヘルドデバイス、タブレットコンピュータ、ラップトップコンピュータ、コードレスフォン、ワイヤレスローカルループ(WLL)局などであり得る。UEは、マクロeNB、スモールセルeNB、中継基地局などを含む、様々なタイプの基地局およびネットワーク機器と通信することが可能であり得る。

10

【0045】

ワイヤレス通信システム100に示される通信リンク125は、UE115から基地局105へのアップリンク(UL)送信、または基地局105からUE115へのダウンリンク(DL)送信を含み得る。ダウンリンク送信は順方向リンク送信とも呼ばれ得、一方、アップリンク送信は逆方向リンク送信とも呼ばれ得る。各通信リンク125は、1つまたは複数のキャリアを含んでよく、各キャリアは、上記で説明した様々な無線技術に従って変調される複数のサブキャリア(たとえば、異なる周波数の波形信号)から構成される信号であり得る。各被変調信号は、異なるサブキャリア上で送られ得、制御情報(たとえば、基準信号、制御チャネルなど)、オーバーヘッド情報、ユーザデータなどを搬送することができる。通信リンク125は、周波数分割複信(FDD)動作(たとえば、対スペクトルリソースを使用する)または時分割複信(TDD)動作(たとえば、不對スペクトルリソースを使用する)を使用して、双方向通信を送信することができる。FDD(たとえば、フレーム構造タイプ1)およびTDD(たとえば、フレーム構造タイプ2)に対するフレーム構造が、定義され得る。

20

【0046】

システム100のいくつかの実施形態では、基地局105またはUE115は、アンテナダイバーシティ方式を採用して基地局105とUE115との間の通信品質および信頼性を改善するための複数のアンテナを含み得る。追加または代替として、基地局105またはUE115は、同じまたは異なるコード化データを搬送する複数の空間レイヤを送信するためにマルチパス環境を利用し得る、多入力多出力(MIMO)技法を採用し得る。

30

【0047】

ワイヤレス通信システム100は、複数のセルまたはキャリア上の動作をサポートし得、この機能は、キャリアアグリゲーション(CA)またはマルチキャリア動作と呼ばれることがある。キャリアは、コンポーネントキャリア(CC)、層、チャネルなどと呼ばれることもある。「キャリア」、「コンポーネントキャリア」、「セル」、および「チャネル」という用語は、本明細書で互換的に使用され得る。UE115は、キャリアアグリゲーションのための複数のダウンリンクCCおよび1つまたは複数のアップリンクCCとともに構成され得る。キャリアアグリゲーションは、FDDコンポーネントキャリアとTDDコンポーネントキャリアの両方とともに構成され得る。

【0048】

ワイヤレスネットワークにアクセスしようと試みるUE115は、基地局105からの1次同期信号(PSS)を検出することによって、初期セル探索を実行し得る。PSSは、スロットタイミングの同期を可能にし得、物理レイヤ識別情報値を示し得る。次いで、UE115は2次同期信号(SSS)を受信し得る。SSSは、無線フレーム同期を可能にし得、セルを識別するために物理レイヤ識別情報値と組み合わせられ得るセル識別情報値を提供し得る。SSSはまた、複信モードおよびサイクリックプレフィックス長の検出を可能にし得る。TDDシステムなどの一部のシステムでは、SSSは送信するが、PSSは送信しない可能性がある。PSSとSSSの両方は、それぞれ、キャリアの中央の62個のサブキャリアおよび72個のサブキャリアにあり得る。PSSおよびSSSを受信した後、UE115は、物理ブロードキャストチャネル(PBCH)において送信され得るマスタ情報ブロック(MIB)を受信し得る。MIBは、システム帯域幅情報、シ

40

50

ステムフレーム番号(SFN)、および物理HARQインジケータチャネル(PHICH)構成を含み得る。MIBを復号した後、UE115は、1つまたは複数のシステム情報ブロック(SIB)を受信し得る。たとえば、SIB1は、他のSIBのセルアクセスパラメータおよびスケジューリング情報を含み得る。SIB1を復号することは、UE115がSIB2を受信するのを可能にし得る。SIB2は、ランダムアクセスチャネル(RACH)手順、ページング、物理アップリンク制御チャネル(PUCCH)、物理アップリンク共有チャネル(PUSCH)、電力制御、SRS、およびセル禁止(cell barring)に関するRRC構成情報を含み得る。

【0049】

UE115は、SIB2を復号した後、RACHプリアンプルを基地局105に送信し得る。たとえば、RACHプリアンプルは、64個の所定のシーケンスのセットからランダムに選択され得る。これによって、基地局105は、システムに同時にアクセスしようとする複数のUE115の間を区別することができ得る。基地局105は、ULリソース許可、タイミングアドバンス、および一時セル無線ネットワーク一時識別情報(C-RNTI)を提供するランダムアクセス応答で応答し得る。次いで、UE115は、(UE115が以前に同じワイヤレスネットワークに接続されていた場合)一時的モバイル加入者識別情報(TMSI)またはランダム識別子とともにRRC接続要求を送信し得る。RRC接続要求は、UE115がネットワークに接続している理由(たとえば、緊急、シグナリング、データ交換など)を示すこともできる。基地局105は、新しいC-RNTIを提供し得るUE115にアドレス指定された競合解消メッセージで接続要求に応答し得る。UE115が正しい識別情報を有する競合解消メッセージを受信した場合、UE115は、RRCセットアップを進め得る。UE115は、競合解消メッセージを受信しない場合(たとえば、別のUE115と競合する場合)、新しいRACHプリアンプルを送信することによってRACHプロセスを繰り返し得る。

【0050】

ワイヤレス通信システム100は、700MHzから2600MHz(2.6GHz)の周波数帯域を使用する超高周波(UHF)周波数領域で動作し得るが、場合によっては、ワイヤレスローカルエリアネットワーク(WLAN)ネットワークは、4GHzのような高い周波数を使用し得る。この領域は、デシメートル帯域として知られることもあり、その理由は、波長が約1デシメートルから1メートルの長さに及ぶからである。UHF波は、主に見通し線によって伝搬することができ、ビルおよび環境的な特徴によってブロックされ得る。しかしながら、波は、屋内に位置するUE115にサービスを提供するために十分に壁を貫通することができる。UHF波の送信は、スペクトルの高周波(HF)または超高周波(VHF)部のより小さい周波数(および、より長い波)を使用する送信と比較して、より小型のアンテナおよびより短距離(たとえば、100km未満)によって特徴付けられる。場合によっては、ワイヤレス通信システム100は、スペクトルの極端に高い周波数(EHF)部(たとえば、30GHz~300GHz)を利用することもできる。この領域は、ミリメートル帯域として知られることもあり、その理由は、波長が約1ミリメートルから10ミリメートルの長さに及ぶからである。したがって、EHFアンテナは、UHFアンテナよりもさらに小型であり、より間隔が密であり得る。場合によっては、これは、UE115内における(たとえば、指向性ビームフォーミングのための)アンテナアレイの使用を容易にし得る。しかしながら、EHF送信は、UHF送信よりもさらに大きい大気減衰およびより短距離を受けることがある。いくつかの例では、基地局105は、指向性ビームフォーミングを利用してUE115と通信するように構成されたミリメートル波基地局であってもよい。追加または代替として、基地局105は、低周波キャリアネットワーク(たとえば、LTE)と高周波キャリアネットワーク(たとえば、ミリメートル波)の両方を利用するハイブリッド通信のために構成され得る。

【0051】

本開示によれば、UE115は、基地局105とのリンクマージンを改善するために最適なビームコードブックを動的に選択し得る。いくつかの例では、UE115は、ミリメートルアクセスの初期UE発見位相中に、基地局105によって初期化された物理的な角度に基づくビーム掃引によって信号を受信し得る。信号は、各ビームが物理的な角度空間においてより大きい空間(等価的に、大きい3dB帯域幅)をカバーするより広いビームを利用するデフォルト

ビームコードブック(たとえば、粗いコードブック)を基地局105が利用することによって送信され得る。しかしながら、デフォルトビームコードブックは、ビームフォーミングのための最適な電力利得を提供しない場合があり、したがって、基地局の直接の見通し線(LOS)にないUE115の信号品質に悪影響を及ぼすことがある。したがって、UE115は、ミリメートル波基地局105から信号を受信すると、受信信号のSNRを推定し、受信信号がUE115によって確立された信号品質しきい値を満たすかどうかを判定し得る。いくつかの場合には、SNRしきい値は、UE115によってあらかじめ決定され得る、または動的に調整可能であり得る。

【0052】

いくつかの例では、UE115は、受信信号がSNRしきい値を上回ると判定すると、基地局105にSNR情報を伝えることを決定し、データ通信の確立を要求するように、RACH信号をビームで送信し得る。いくつかの場合には、UE115および基地局105は、信号品質のわずかな変動に合わせて調整するために、ビームを精製し得る。あるいは、UE115が、受信信号がSNRしきい値を下回ると判定した場合、UE115は、より高い電力利得を提供し得る指向性ビームフォーミングのための代替ビームコードブック(たとえば、各ビームについてより小さい3dBビーム幅を有する中間コードブックまたは細かいコードブック)を選択し得る。代替のビームコードブック(すなわち、中間コードブックまたは細かいコードブック)の選択は、ULチャネルを介して基地局105にシグナリングされ得る。いくつかの例では、アップリンク送信は、基地局105に、その後の送信のためにビームコードブックを基地局105で調整するよう指示し得る。

【0053】

さらに、ミリメートル波信号は、頻繁に高い経路損失を経験し、その結果、ミリメートル波周波数を使用する基地局とUEとの間のアップリンク(UL)および/またはダウンリンク(DL)送信に指向性ビームフォーミング技法が使用され得る。指向性ビームフォーミング技法は、送信機が特定の伝搬経路上に信号を送信することを可能にし、受信機が特定の伝搬経路から信号を受信することを可能にし得る。この場合、UEと基地局との間に2つ以上の信号伝搬経路が存在し得る。しかしながら、いくつかの場合には、ユーザの手(およびユーザの身体の一部)の位置が、指向性ビームフォーミングを介して受信された信号に干渉し得る。その結果、最適なアンテナサブアレイを選択し、選択されたアンテナサブアレイに基づいてビームフォーミングベクトルをさらに精製するために、UE115-aで複数のアンテナサブアレイを走査することが理想的であり得る。

【0054】

図2は、本開示の様々な態様による、ワイヤレス通信サブシステム200の一例を示す。ワイヤレス通信サブシステム200は、UE115-aを含むことができ、UE115-aは、図1を参照しながら上記で説明したUE115の一例であり得る。ワイヤレス通信サブシステム200はまた、図1を参照しながら上記で説明した基地局105の例であり得る基地局105-aおよび基地局105-bを含み得る。基地局105-aおよび/または基地局105-bは、カバレッジエリア110-aおよび110-b内のワイヤレス通信サービスをそれぞれ提供し得る。ワイヤレス通信サブシステム200は、UE115-aがカバレッジエリア110-aと110-bの交差点に位置する例を示す。しかしながら、いくつかの場合には、UE115-aは、単一の基地局105のカバレッジエリア内、または3つ以上の基地局105のカバレッジエリア内にあり得る。

【0055】

UE115-a、基地局105-a、および基地局105-bは各々、指向性ビームフォーミングを使用して(たとえば、ミリメートル帯域の周波数を使用して)通信することができる。したがって、いくつかの場合には、UE115-aは、2つ以上の経路をたどる送信を使用して基地局105-aと通信し得る。たとえば、UE115-aは、直接の見通し線の伝搬経路205-aを介して基地局105-aと通信し得る。UE115-aおよび基地局105-aは、反射面210-a(たとえば、建物の窓)から反射され得る間接的な伝搬経路205-bを介して通信する場合もある。いくつかの例では、UE115-aは、伝搬経路205-aを介してDL接続およびUL接続を最初に確立し、次いで、基地局105-aは(たとえば、伝搬経路205-bに関連する指向性ビームフォーミング構成情報を提

供することによって)UL信号を基地局105-aに送信するために伝搬経路205-bを使用するようにUE115-aに指示し得る。別の例では、基地局105-aは、伝搬経路205-cを使用して基地局105-bとのUL接続を確立する(またはハンドオーバーする)ようにUE115-aに指示し得る。いくつかの場合には、直接の見通し線の伝搬経路が利用可能でない場合があり、UE115-aおよび基地局105-aは、1つまたは複数の間接的な伝搬経路から選択し得る。一例では、伝搬経路205-cは、第2の反射面210-bから反射され得る。

【0056】

各経路の伝搬時間は、経路に沿った距離に正比例し得る。たとえば、伝搬時間は、概算的に、経路の長さを光速で割ったものであり得る。したがって、たとえば、伝搬経路205-aのような直接経路は、伝搬経路205-bのような同じ基地局105への間接経路よりも短い伝搬時間を有し得る。本開示のいくつかの例では、UE115-aは、通信を確立するために最良のリンクマージンを提供するUE115-aおよび基地局105-aで利用される複数のビームコードブックから最適なビームコードブックを動的に選択し得る。いくつかの例では、複数のビームコードブックは、擬似オムニビームパターンコードブック、アンテナ選択コードブック、広ビームの粗いコードブック、わずかに狭いビームの中間コードブック、最も狭いビームの細かいコードブック、ミリメートル波基地局におけるワイヤレスデバイスに関する事前情報に基づくワイヤレスデバイス固有のコードブック、複数のワイヤレスデバイスへの同時協調送信による干渉を最小限に抑えるように最適に設計されたビームのコードブックなどのビーム否定コードブック、他のワイヤレスデバイスへの干渉を犠牲にして特定のワイヤレスデバイスへの信号品質をトレードオフするビームのコードブック、または異なるコードブックからのビームフォーミングベクトルの組合せのうちのいずれかを含み得る。

【0057】

図3は、ビームフォーミングベクトルのコードブックから最適なアンテナサブアレイおよび指向性ビームフォーミングベクトルを選択するためのシステム300の図である。システム300は、基地局105-cとUE115-bとを含む。実施形態では、基地局105-cは、基地局またはeNB105のうちの1つの態様を示し得、UE115-bは、図1および図2を参照しながら上記で説明したように、モバイルデバイスまたはUE115の態様を示し得る。

【0058】

基地局105-cは、M個の送信アンテナ315を有し得る。UE115-bは、N個の受信アンテナ335を有し得る。システム300は、ダイバーシティ利得を提供するために受信機で等化され得る信号のバージョン(たとえば、遅延、符号化など)を複数のアンテナ(またはアンテナポート)が送信する送信ダイバーシティなどのダイバーシティ技法を採用するために使用され得る。UE115-bはまた、受信ダイバーシティを採用してもよく、ダイバーシティ利得を提供するために、複数のアンテナからの信号が結合される。システム300は、ダイバーシティ利得、アレイ利得(たとえば、ビームフォーミングなど)、および/または空間多重化利得を増加させるためにMIMO技法を採用し得る。

【0059】

本開示のいくつかの例では、基地局105-cは、UE115-bよりも多くのアンテナ335を含み得る。たとえば、基地局用のM個の送信アンテナは、 8×8 または 8×16 の平面アレイであり得、UE115-bは、一般的に、ダイバーシティの理由から4つまたは6つのアンテナサブアレイを含み得る。アパーチャの問題のために、各アンテナサブアレイは、一般的に、2つから8つのアンテナを含み得る。いくつかの例では、各UEアンテナサブアレイ335は、物理的角度領域のサブセットを指し得る。いくつかの場合には、UE115-bを保持するユーザは、手または身体の他の部分の位置に基づいて、1つまたは複数のアンテナサブアレイ335をブロックまたは干渉し得る。手によるブロックは、受信機アンテナ335の信号品質に悪影響を及ぼす可能性がある。

【0060】

アンテナの手/身体ブロックの影響を緩和するために、本開示は、複数のアンテナサブアレイ335において受信されたSNRを推定するために、UE115-bが、基地局105-cによって

送信された単一のビームフォーミングベクトルに関して複数のアンテナサブアレイ335を一度に1つずつ走査するための方法を提供する。推定されたSNRに基づいて、UE115-bは、複数の走査されたアンテナサブアレイ335から最良または理想的なアンテナサブアレイ(たとえば、アンテナサブアレイ335-b)を選択し得る。たとえば、UE115-bは、受信信号SNRが第1のSNRしきい値を上回るアンテナサブアレイを選択し得る。いくつかの例では、SNRしきい値は、あらかじめ決定されてもよく、またはユーザ選好もしくはいくつかの他のプロトコル問題に基づいて適応され得る。

【0061】

いくつかの例では、さらなる性能の向上、または通信時間フレームにわたる実装複雑さの低減のために、UE115-bは、ミリメートル波基地局から追加の信号を受信することができ、追加信号は、第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトル上でビームフォーミングされる。UE115-bは、次いで、第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトルを走査し、その走査に基づいて第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトルから第2のビームフォーミングベクトルを識別することができる。

【0062】

受信されたSNRが第1のしきい値を下回る例では、UE115-bは、受信されたSNRが第2のしきい値を上回るか下回るかをさらに判定し得る。いくつかの場合には、UE115-bは、ビームフォーミングベクトルの粗いコードブックを走査し、中程度のリンクマージンをもたらすいずれかのコードブックから最良のビームを選択するためにビームフォーミングベクトルの粗いコードブックにわたるそれ自体の走査を変更するよう基地局に示唆し得る。しかしながら、受信されたSNRが第2のしきい値レベルを下回る場合、UE115-bは、より細かいコードブックまたはUE固有のコードブックを走査して、受信信号が変調されるビームを精製し、また、走査に基づいて理想的なビームを選択するためにビームフォーミングベクトルの粗い/細かいコードブックにわたるそれ自体の走査を変更するよう基地局に示唆するためにフォールバック位置を提供し得る。フォールバック手順を開始することによって、発見期間が遅くなる場合があるが、受信信号品質が向上する可能性がある。

【0063】

追加または代替として、受信信号が第1のしきい値レベルを上回る場合であっても、UE115-bは、ビームフォーミングベクトルを精製するために、UEが開始するオンデマンドサービスを提供し、それによって、後続のデータ位相について、より高いリンクマージンを実現し得る。たとえば、初期受信信号品質が第1のしきい値を上回ると判定すると、UE115-bは、それにもかかわらず、基地局105-cとUE115-bとの間のリンクマージンを向上させるために、粗い、中間、または細かいビームフォーミングコードブックの走査を要求し得る。

【0064】

図4Aおよび図4Bは、本開示の方法が実施され得る状況の例を示す。ビーム整形のためのワイヤレス通信サブシステム402および404は、図1～図3を参照しながら上記で説明したUE115の一例であり得る、UE115-cを含み得る。ワイヤレス通信サブシステム402および404はまた、図1～図3を参照しながら上記で説明した基地局105の一例であり得る、基地局105-dを含み得る。

【0065】

最初に図4Aに示される例402を参照すると、UE115-cは、デフォルトビームコードブック(たとえば、粗いコードブック)を使用して通信する基地局105-dの直接の見通し線(LOS)にあり得る。デフォルトビームコードブック420は、低減された電力利得レベルで空間内のより広いカバレッジを提供し得る。しかしながら、UE115-cがミリメートル波基地局105-dとの見通し線方向にあるので、デフォルトビームコードブック420の利用は、UE115-cで受信された信号のSNRに著しく悪影響を及ぼさない可能性がある。結果として、UE115-cは、UEデフォルトコードブック415を使用して信号(すなわち、制御信号およびデータ信号)を送信および受信するようにも構成され得る。いくつかの例では、基地局105-dは、ベースライン候補ビームフォーミングベクトルを使用することによって、UE発見位相中に信号405を送信し得る。ベースライン候補ビームは、アンテナ素子の数にわたって一定の位相オフ

10

20

30

40

50

セット(CP0)を有し得る。信号405を受信すると、UE115-cは、受信信号のSNRが確立されたSNRしきい値を上回ると判定し得る。結果として、UE115-cは、SNRおよびビーム情報を有するRACH410を基地局105-dに送信し、基地局105-dとUE115-cとの間のデータリンク通信を確立し得る。いくつかの例では、UE115-cおよび基地局105-dは、リンクマージンを向上させるためにビーム形状を微調整し得る。

【0066】

しかしながら、次に図4Bに示される例404を参照すると、UE115-cは、基地局105-dの見通し線の外に位置し得る。たとえば、UE115-cは、障害物445(たとえば、建物)の後ろに位置し得、したがって、基地局105-dによって送信された信号430は、最初に、UE115-cで受信される前に、リフレクタ440(たとえば、建物の窓)から偏向され得る。偏向の結果として、UE115-cで受信される信号430の品質は、確立されたSNRしきい値を下回り得る。信号品質は、低減された電力利得を提供するデフォルトビームコードブック420の利用によってさらに影響され得る。受信信号430が確立されたSNRしきい値を下回ると判定したことに基づいて、UE115-cは、複数の利用可能なビームコードブックから代替コードブック425(たとえば中間または細かいビームコードブック)を選択し得る。一例では、UE115-cは、より高い電力利得を提供する細かいビームコードブック425にUEコードブックを切り替え、RACH信号435を基地局105-dに送信し得る。

【0067】

1つまたは複数の例では、UE115-cは、推定されたSNRの漸進的变化に基づいて代替ビームコードブックを選択し得る。たとえば、受信信号430が第1のSNRしきい値を下回ると判定すると、UE115-cは、受信信号430が第2のSNRしきい値を上回るか下回るかをさらに判定し得る。受信信号430が第1のSNRしきい値と第2のSNRしきい値の両方を下回る場合、UE115-cは、基地局105-dとUE115-cとの間のリンク利得を向上させるために、細かいビームコードブックを選択し得る。対照的に、UE115-cは、受信信号430が第1のSNRしきい値を下回るが、第2のSNRしきい値を上回ると判定した場合、中間ビームコードブックを選択し得る。ビームコードブックの選択に基づいて、UE115-cは、UE115-cビームコードブックを切り替え、また、基地局105-dにその基地局コードブックも切り替えるように指示するRACH信号435を基地局105-dに送信し得る。いくつかの例では、RACH信号435は、SNR情報および選択されたビーム情報を含み得る。RACH信号435の受信に応答して、基地局105-dは、そのビームコードブックをUE115-dによって識別されるビームコードブックに切り替え、更新されたビームコードブックを利用して後続の信号を送信し得る。

【0068】

図5は、本開示の様々な態様による、ミリメートル波基地局におけるビーム整形および/またはワイヤレスデバイスにおけるアンテナサブアレイの高速選択のために構成されたワイヤレスデバイス500のブロック図を示す。ワイヤレスデバイス500は、図1〜図4を参照しながら説明したUE115の態様の一例であり得る。ワイヤレスデバイス500は、受信機505、通信管理モジュール510、または送信機515を含み得る。ワイヤレスデバイス500はまた、プロセッサをも含み得る。これらの構成要素の各々は互いに通信し得る。

【0069】

ワイヤレスデバイス500の構成要素は、ハードウェア内の適用可能な機能のうちのいくつかまたはすべてを実施するように適合された少なくとも1つの特定用途向け集積回路(ASIC)とともに、個々にまたは集成的に実装され得る。あるいは、機能は、少なくとも1つのIC上の1つまたは複数の他の処理装置(またはコア)によって実施され得る。別の実施形態では、当技術分野で周知の任意の方式でプログラムされ得る、他のタイプの集積回路(たとえば、構造化/プラットフォームASIC、フィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)、または別のセミカスタムIC)が使用され得る。各ユニットの機能はまた、全体的または部分的に、1つまたは複数の汎用プロセッサまたは特定用途向けプロセッサによって実行されるようにフォーマットされた、メモリ内に具現化された命令を用いて実装され得る。

【0070】

受信機505は、パケット、ユーザデータ、または様々な情報チャネル(たとえば、制御チ

10

20

30

40

50

チャンネル、データチャンネル、ならびにビーム整形に関する情報、および/またはミリメートル波基地局および/もしくはワイヤレスデバイスにおけるアンテナサブアレイ選択に関する情報など)に関連する制御情報などの情報を受信し得る。情報は、通信管理モジュール510に、およびワイヤレスデバイス500の他の構成要素に渡され得る。

【0071】

通信管理モジュール510は、ワイヤレスデバイスにおいて、第1のビームコードブックを使用してミリメートル波基地局から第1の信号を受信し、第1のビームコードブックとは異なる第2のビームコードブックが送信された第1の信号において使用されることを動的に判定し、ミリメートル波基地局に第2のビームコードブックを使用することを要求する第2の信号をミリメートル波基地局に送信し得る。通信管理モジュール510はまた、複数のアンテナサブアレイの少なくとも一部で受信された第1の信号の品質を識別するために、サブアレイ選択コードブックからの複数のビームフォーミングベクトルに関して複数のアンテナサブアレイの一部を走査し、第1の信号の識別された品質に少なくとも部分的に基づいて、複数のアンテナサブアレイの走査された部分から1つのアンテナサブアレイを選択し得る。

10

【0072】

送信機515は、ワイヤレスデバイス500の他の構成要素から受信された信号を送信し得る。いくつかの実施形態では、送信機515は、トランシーバモジュール内で受信機505とコロケートされ得る。送信機515は、単一のアンテナを含み得るか、または複数のアンテナを含み得る。

20

【0073】

図6は、本開示の様々な態様による、ミリメートル波基地局におけるビーム整形および/またはワイヤレスデバイスにおけるアンテナサブアレイの高速選択のために構成されたワイヤレスデバイス600のブロック図を示す。ワイヤレスデバイス600は、図1～図5を参照しながら説明したワイヤレスデバイス500またはUE115の態様の一例であり得る。ワイヤレスデバイス600は、受信機505-a、通信管理モジュール510-a、または送信機515-aを含み得る。ワイヤレスデバイス600はまた、プロセッサをも含み得る。これらの構成要素の各々は互いに通信し得る。通信管理モジュール510-aはまた、信号検出モジュール605と、ビーム適応モジュール610と、コードブック識別モジュール615とを含み得る。

【0074】

30

ワイヤレスデバイス600の構成要素は、個々にまたは集合的に、適用可能な機能の一部または全部をハードウェアで実行するように適合された少なくとも1つのASICを用いて実装され得る。代替的に、機能は、1つまたは複数の他の処理ユニット(またはコア)によって、少なくとも1つのIC上で実行され得る。他の実施形態では、当技術分野で知られている任意の方法でプログラムされ得る、他のタイプの集積回路(たとえば、構造化/プラットフォームASIC、FPGA、または別のセミカスタムIC)が使用され得る。各ユニットの機能はまた、全体的にまたは部分的に、1つまたは複数の汎用プロセッサまたは特定用途向けプロセッサによって実行されるようにフォーマットされた、メモリにおいて具現化された命令を用いて実装され得る。

【0075】

40

受信機505-aは、通信管理モジュール510-aに、かつUEの他の構成要素に渡される場合がある情報を受信することができる。通信管理モジュール510-aは、図5を参照しながら上記で説明した動作を実行することができる。送信機515-aは、ワイヤレスデバイス600の他の構成要素から受信された信号を送信し得る。

【0076】

信号検出モジュール605は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、ワイヤレスデバイスにおいて、第1のビームコードブックを使用してミリメートル波基地局から第1の信号を受信し得る。信号検出モジュール605はまた、ワイヤレスデバイスで使用される第1の受信機ビームコードブックを、ミリメートル波基地局によって使用される第1のビームコードブックに関連するものとして識別し得る。いくつかの例では、第1の信号は指向

50

性1次同期信号(DPSS)であり得る。

【0077】

ビーム適応モジュール610は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、第1のビームコードブックとは異なる第2のビームコードブックが送信された第1の信号において使用されることを動的に判定し得る。ビーム適応モジュール610はまた、第1の受信機ビームコードブックから、ミリメートル波基地局によって使用される第2のビームコードブックに関連する第2の受信機ビームコードブックに切り替え得る。いくつかの例では、第2のビームコードブックは、信号の品質が第1のしきい値を下回ると判定したことに応答して選択され得る。いくつかの例では、第1のビームコードブックは、粗いコードブックであり得、第2のビームコードブックは、擬似オムニビームパターンコードブック、アンテナ選択コードブック、広ビームの粗いコードブック、わずかに狭いビームの中間コードブック、最も狭いビームの細かいコードブック、ミリメートル波基地局におけるワイヤレスデバイスに関する事前情報に基づくワイヤレスデバイス固有のコードブック、複数のワイヤレスデバイスへの同時協調送信による干渉を最小限に抑えるように最適に設計されたビームのコードブックなどのビーム否定コードブック、他のワイヤレスデバイスへの干渉を犠牲にして特定のワイヤレスデバイスへの信号品質をトレードオフするビームのコードブック、または異なるコードブックからのビームフォーミングベクトルの組合せのうちの少なくとも1つを含むグループから選択され得る。

10

【0078】

コードブック識別モジュール615は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、ミリメートル波基地局に第2のビームコードブックを使用するように要求する第2の信号をミリメートル波基地局に送信し得る。コードブック識別モジュール615はまた、選択された第2のビームコードブックを識別する第2の信号をミリメートル波基地局に送信し得る。いくつかの例では、第2の信号は、ミリメートル波基地局が第2のビームコードブックに切り替わる旨の要求を含む。いくつかの例では、要求は、無線周波数チェーン(たとえば、位相シフタ、アナログデジタル変換器、アップ/ダウン変換器および/またはミキサ、デジタルアナログ変換器、リンクを確立するために必要な無線周波数回路など)のハードウェアおよび/もしくはソフトウェアの複雑さの問題、リンクの維持の問題、および/またはレート、信頼性、もしくはそれらの組合せなどのメトリックによる性能の向上に少なくとも部分的に基づき得る。コードブック識別モジュール615はまた、粗いコードブックを使用してランダムアクセスチャネル(RACH)を介して第2の信号を送信し得る。コードブック識別モジュール615はまた、ミリメートル波キャリアネットワークと共存する低周波キャリアネットワークを介して第2の信号を送信し得る。いくつかの例では、第2の信号は、高コードレートで一意的識別情報で送信される遭難信号を含む。

20

30

【0079】

図7は、本開示の様々な態様による、ミリメートル波基地局におけるビーム整形および/またはワイヤレスデバイスにおけるアンテナサブアレイの高速選択のために構成されたワイヤレスデバイス500またはワイヤレスデバイス600の構成要素であり得る通信管理モジュール510-bのブロック図700を示す。通信管理モジュール510-bは、図5～図6を参照しながら説明した通信管理モジュール510の態様の一例であり得る。通信管理モジュール510-bは、信号検出モジュール605-aと、ビーム適応モジュール610-aと、コードブック識別モジュール615-aとを含み得る。これらのモジュールの各々は、図6を参照しながら上記で説明した機能を実行し得る。通信管理モジュール510-bはまた、信号対雑音比(SNR)計算モジュール705と、ビームコードブック選択モジュール710とを含み得る。

40

【0080】

通信管理モジュール510-bの構成要素は、個々にまたは集合的に、適用可能な機能の一部または全部をハードウェアで実行するように適応された少なくとも1つのASICを用いて実装され得る。代替的に、機能は、1つまたは複数の他の処理ユニット(またはコア)によって、少なくとも1つのIC上で実行され得る。他の実施形態では、当技術分野で知られている任意の方法でプログラムされ得る、他のタイプの集積回路(たとえば、構造化/ブラッ

50

トフォームASIC、FPGA、または別のセミカスタムIC)が使用され得る。各ユニットの機能はまた、全体的にまたは部分的に、1つまたは複数の汎用プロセッサまたは特定用途向けプロセッサによって実行されるようにフォーマットされた、メモリにおいて具現化された命令を用いて実装され得る。

【0081】

SNR計算モジュール705は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、受信された第1の信号の品質が第1のしきい値を上回るか下回るかを判定し得る。また、SNR計算モジュール705は、第1の信号の品質が第2のしきい値を上回るか下回るかも判定し得る。SNR計算モジュール705は、第1の信号の品質を決定するために、第1の信号の信号対雑音比(SNR)も計算し得る。

10

【0082】

ビームコードブック選択モジュール710は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、判定に少なくとも部分的に基づいて、第2のビームコードブックを動的に選択し得る。ビームコードブック選択モジュール710はまた、判定に少なくとも部分的に基づいて第2のビームコードブックを動的に選択し得る。

【0083】

図8は、本開示の様々な態様による、ミリメートル波基地局におけるビーム整形および/またはワイヤレスデバイスにおけるアンテナサブアレイの高速選択のために構成されたワイヤレスデバイス800のブロック図を示す。ワイヤレスデバイス800は、図1～図4および図15を参照しながら説明したワイヤレスデバイス500、ワイヤレスデバイス600、またUE115の態様の一例であり得る。ワイヤレスデバイス800は、受信機505-b、通信管理モジュール510-c、または送信機515-bを含み得る。ワイヤレスデバイス800はまた、プロセッサをも含み得る。これらの構成要素の各々は互いに通信し得る。通信管理モジュール510-cはまた、信号検出モジュール805と、アンテナ走査モジュール810と、アンテナサブアレイ選択モジュール815とを含み得る。

20

【0084】

ワイヤレスデバイス800の構成要素は、個々にまたは集合的に、適用可能な機能の一部または全部をハードウェアで実行するように適合された少なくとも1つのASICを用いて実装され得る。代替的に、機能は、1つまたは複数の他の処理ユニット(またはコア)によって、少なくとも1つのIC上で実行され得る。他の実施形態では、当技術分野で知られている任意の方法でプログラムされ得る、他のタイプの集積回路(たとえば、構造化/プラットフォームASIC、FPGA、または別のセミカスタムIC)が使用され得る。各ユニットの機能はまた、全体的にまたは部分的に、1つまたは複数の汎用プロセッサまたは特定用途向けプロセッサによって実行されるようにフォーマットされた、メモリにおいて具現化された命令を用いて実装され得る。

30

【0085】

受信機505-bは、通信管理モジュール510-cに、かつUE115の他の構成要素に渡される場合がある情報を受信することができる。通信管理モジュール510-cは、図5を参照しながら上記で説明した動作を実行することができる。送信機515-bは、ワイヤレスデバイス800の他の構成要素から受信された信号を送信し得る。

40

【0086】

信号検出モジュール805は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、ワイヤレスデバイスにおいて、ミリメートル波基地局から1つまたは複数の信号を受信し得る。いくつかの例では、受信信号は指向性1次同期信号(DPSS)であり得る。

【0087】

アンテナ走査モジュール810は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、複数のアンテナサブアレイの少なくとも一部で受信された第1の信号の品質を識別するために、サブアレイ選択コードブックからの複数のビームフォーミングベクトルに関して複数のアンテナサブアレイの一部を走査し得る。

【0088】

50

アンテナサブアレイ選択モジュール815は、図2～図4を参照して上記で説明したように、第1の信号の識別された品質に少なくとも部分的に基づいて、複数のアンテナサブアレイの走査された部分から1つのアンテナサブアレイを選択し得る。選択は、ピークビームフォーミング利得を犠牲にして、ワイヤレスデバイス発見待ち時間を最小限に抑えるように最適に設計された広いビームスペースエリアをカバーする広ビームの粗いコードブックを含み得る。選択は、より小さいビームスペースエリアをカバーし、ワイヤレスデバイス発見待ち時間とピークビームフォーミング利得との間のトレードオフ曲線における別の点に対応するわずかに狭いビームの中間コードブックも含み得る。選択は、最小のビームスペースエリアをカバーし、最大のピークビームフォーミング利得に対応する最も狭いビームの細かいコードブックも含み得る。選択は、ワイヤレスデバイスにおける近距離場障害を軽減するように適切に設計されたコードブックも含み得る。選択は、ワイヤレスデバイスにおけるチャネル推定タスクを支援するように適切に設計された特別な構造を有するコードブックも含み得る。選択は、無線周波数設計を支援し、システムの複雑さまたはコストを低減するように適切に設計された特別な構造を有するコードブックも含み得る。選択は、その異なるコードブックからのビームフォーミングベクトルの任意の組合せも含み得る。

10

【0089】

図9は、本開示の様々な態様による、ミリメートル波基地局におけるビーム整形および/またはワイヤレスデバイスにおけるアンテナサブアレイの高速選択のために構成されたワイヤレスデバイス500、ワイヤレスデバイス600、またはワイヤレスデバイス800の構成要素であり得る通信管理モジュール510-cのブロック図900を示す。通信管理モジュール510-cは、図5～図8を参照しながら説明した通信管理モジュール510の態様の一例であり得る。通信管理モジュール510-cは、信号検出モジュール805-aと、アンテナ走査モジュール810-aと、アンテナサブアレイ選択モジュール815-aとを含み得る。これらのモジュールの各々は、図8を参照しながら上記で説明した機能を実行し得る。通信管理モジュール510-cはまた、信号対雑音比(SNR)計算モジュール905と、信号送信モジュール910と、ビームフォーミングベクトル走査モジュール915と、ビームフォーミング識別モジュール920と、しきい値適応モジュール925とも含み得る。

20

【0090】

通信管理モジュール510-cの構成要素は、個々にまたは集合的に、適用可能な機能の一部または全部をハードウェアで実行するように適応された少なくとも1つのASICを用いて実装され得る。代替的に、機能は、1つまたは複数の他の処理ユニット(またはコア)によって、少なくとも1つのIC上で実行され得る。他の実施形態では、当技術分野で知られている任意の方法でプログラムされ得る、他のタイプの集積回路(たとえば、構造化/プラットフォームASIC、FPGA、または別のセミカスタムIC)が使用され得る。各ユニットの機能はまた、全体的にまたは部分的に、1つまたは複数の汎用プロセッサまたは特定用途向けプロセッサによって実行されるようにフォーマットされた、メモリにおいて具現化された命令を用いて実装され得る。

30

【0091】

SNR計算モジュール905は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、選択されたアンテナサブアレイにおける第1の信号の品質が第1のしきい値を上回るか下回るかを判定し得る。SNR計算モジュール905はまた、選択されたアンテナサブアレイにおける第1の信号の品質が第2のしきい値を下回ると判定し得る。SNR計算モジュール905は、第1の信号の品質を決定するために、第1の信号の信号対雑音比も計算し得る。

40

【0092】

信号送信モジュール910は、図2～図4を参照して上記で説明したように、判定に少なくとも部分的に基づいて、第2の信号をミリメートル波基地局に送信し得る。信号送信モジュール910は、RACHを介して第2の信号も送信し得る。信号送信モジュール910はまた、ミリメートル波キャリアネットワークと共存する低周波キャリアネットワークを介して第2の信号を送信し得、および/または、一意の識別番号ですでに確立されている高度にコー

50

ド化された低レートチャネル/ネットワークを介して第2の信号を送信し得る。いくつかの例では、第2の信号は、信号エネルギー推定値、ビームフォーミングベクトルインデックス、ビームフォーミングのための情報、またはそれらの組合せを含む。

【0093】

ビームフォーミングベクトル走査モジュール915は、図2～図4を参照して上記で説明したように、選択されたアンテナサブアレイにおける第1の信号の品質が第1のしきい値を下回ると判定すると、粗いコードブックからの複数のビームフォーミングベクトルを走査し得る。

【0094】

ビームフォーミング識別モジュール920は、図2～図4を参照して上記で説明したように、走査に少なくとも部分的に基づいて、複数のビームフォーミングベクトルから第1のビームフォーミングベクトルを識別し得る。ビームフォーミング識別モジュール920はまた、判定に少なくとも部分的に基づいて、複数のビームフォーミングベクトルから1つのビームフォーミングベクトルを識別し得、ビームフォーミングベクトルは、細かいコードブックまたはワイヤレスデバイス固有のコードブックから識別される。

【0095】

しきい値適応モジュール925は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、ワイヤレスデバイスによるビームフォーミングベクトルの選択に少なくとも部分的に基づいて第1のしきい値を適合させ得る。

【0096】

図10は、本開示の様々な態様による、ミリメートル波基地局におけるビーム整形および/またはワイヤレスデバイスにおけるアンテナサブアレイの高速選択のために構成されたUE115-dを含むシステム1000の図を示す。システム1000はUE115-dを含み得、UE115-dは、図1～図4を参照しながら上記で説明したワイヤレスデバイス500、ワイヤレスデバイス600、ワイヤレスデバイス800、および/またはUE115の一例であり得る。UE115-dは、図5～図9を参照しながら説明した通信管理モジュール510の一例であり得る、通信管理モジュール1010を含み得る。UE115-dはまた、しきい値調整モジュール1025を含み得る。UE115-dはまた、通信を送信するための構成要素と通信を受信するための構成要素とを含む、双方向音声およびデータ通信のための構成要素を含み得る。たとえば、UE115-dは、基地局105-eまたはUE115-eと双方向に通信し得る。

【0097】

しきい値調整モジュール1025は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、第1または第2のSNRしきい値レベルを適合させ得る。UE115-dはまた、各々が、直接的にまたは間接的に(たとえば、バス1045を介して)互いと通信し得る、プロセッサモジュール1005、(ソフトウェア(SW)1020を含む)メモリ1015、トランシーバモジュール1035、および1つまたは複数のアンテナ1040を含み得る。トランシーバモジュール1035は、上記で説明したように、アンテナ1040またはワイヤードリンクもしくはワイヤレスリンクを介して、1つまたは複数のネットワークと双方向に通信し得る。たとえば、トランシーバモジュール1035は、基地局105または別のUE115と双方向に通信し得る。トランシーバモジュール1035は、パケットを変調し、送信するために変調されたパケットをアンテナ1040に提供し、アンテナ1040から受信したパケットを復調するためのモデムを含み得る。UE115-dは単一のアンテナ1040を含み得、UE115-dはまた、複数のワイヤレス送信を同時に送信または受信することができる複数のアンテナ1040を有し得る。

【0098】

オンデマンド走査モジュール1030は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、ミリメートル波基地局において複数のビームフォーミングベクトルから第2のビームフォーミングベクトルを識別するためのオンデマンド検索を開始し得、第2のビームフォーミングベクトルは、擬似オムニビームパターンコードブック、アンテナ選択コードブック、粗いコードブック、中間コードブック、細かいコードブック、近距離場障害軽減コードブック、チャネル推定コードブック、複雑度低減コードブック、またはワイヤレスデバイス

10

20

30

40

50

固有のコードブックを含むグループから識別される。

【0099】

メモリ1015は、ランダムアクセスメモリ(RAM)および読出し専用メモリ(ROM)を含み得る。メモリ1015は、実行されると、プロセッサモジュール1005に、本明細書で説明する様々な機能(たとえば、ミリメートル波基地局およびワイヤレスデバイスなどにおけるビーム整形のための技法など)を実行させる命令を含む、コンピュータ可読コンピュータ実行可能なソフトウェア/ファームウェアコード1020を記憶し得る。代替的に、ソフトウェア/ファームウェアコード1020は、プロセッサモジュール1005によって直接実行可能ではないことがあるが、(たとえば、コンパイルされ実行されると)本明細書で説明する機能をコンピュータに実行させることができる。プロセッサモジュール1005は、インテリジェントハードウェアデバイス(たとえば、中央処理装置(CPU)、マイクロコントローラ、ASICなど)を含み得る。

10

【0100】

図11は、本開示の様々な態様による、ミリメートル波基地局およびワイヤレスデバイスにおけるビーム整形のための方法1100を示すフローチャートを示す。方法1100の動作は、図1～図10を参照しながら説明したように、UE115またはその構成要素によって実施され得る。たとえば、方法1100の動作は、図5～図10を参照しながら説明したように、通信管理モジュール510または1010によって実行され得る。いくつかの例では、UE115は、以下で説明する機能を実行するためにUE115の機能要素を制御するためにコードのセットを実行することができる。追加または代替として、UE115は、専用ハードウェアを使用して、以下

20

【0101】

ブロック1105において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、ワイヤレスデバイスにおいて、第1のビームコードブックを使用してミリメートル波基地局から第1の信号を受信し得る。いくつかの例では、ブロック1105の動作は、図6および図7を参照しながら上記で説明したように、信号検出モジュール605によって実行され得る。

【0102】

ブロック1110において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、第1のビームコードブックとは異なる第2のビームコードブックが送信された第1の信号において使用されることを動的に判定し得る。いくつかの例では、ブロック1110の動作は、図6および図7を参照しながら上記で説明したように、ビーム適応モジュール610によって実行され得る。

30

【0103】

ブロック1115において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、ミリメートル波基地局に第2のビームコードブックを使用するように要求する第2の信号をミリメートル波基地局に送信し得る。いくつかの例では、ブロック1115の動作は、図6および図7を参照しながら上記で説明したように、コードブック識別モジュール615によって実行され得る。

【0104】

図12は、本開示の様々な態様による、ミリメートル波基地局およびワイヤレスデバイスにおけるビーム整形のための方法1200を示すフローチャートを示す。方法1200の動作は、図1～図10を参照しながら説明したように、UE115またはその構成要素によって実施され得る。たとえば、方法1200の動作は、図5～図10を参照しながら説明したように、通信管理モジュール510または1010によって実行され得る。いくつかの例では、UE115は、以下で説明する機能を実行するためにUE115の機能要素を制御するためにコードのセットを実行することができる。追加または代替として、UE115は、専用ハードウェアを使用して、以下で説明する機能の態様を実行し得る。方法1200はまた、図11の方法1100の態様を組み込むことができる。

40

【0105】

ブロック1205において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、ワ

50

イヤレスデバイスにおいて、第1のビームコードブックを使用してミリメートル波基地局から第1の信号を受信し得る。いくつかの例では、ブロック1205の動作は、図6および図7を参照しながら上記で説明したように、信号検出モジュール605によって実行され得る。

【0106】

ブロック1210において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、受信された第1の信号の品質が第1のしきい値を上回るか下回るかを判定し得る。いくつかの例では、ブロック1110の動作は、図7を参照しながら上記で説明したように、SNR計算モジュール705によって実行され得る。

【0107】

ブロック1215において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、判定に少なくとも部分的に基づいて、第1のビームコードブックとは異なる第2のビームコードブックを動的に選択し得る。いくつかの例では、ブロック1215の動作は、図8を参照しながら上記で説明したように、ビームコードブック選択モジュール710によって実行され得る。

10

【0108】

ブロック1220において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、ミリメートル波基地局に第2のビームコードブックを使用するように要求する第2の信号をミリメートル波基地局に送信し得る。いくつかの例では、ブロック1220の動作は、図6および図7を参照しながら上記で説明したように、コードブック識別モジュール615によって実行され得る。

20

【0109】

図13は、本開示の様々な態様による、ミリメートル波基地局およびワイヤレスデバイスにおけるビーム整形のための方法1300を示すフローチャートを示す。方法1300の動作は、図1～図10を参照しながら説明したように、UE115またはその構成要素によって実施され得る。たとえば、方法1300の動作は、図5～図10を参照しながら説明したように、通信管理モジュール510または1010によって実行され得る。いくつかの例では、UE115は、以下で説明する機能を実行するためにUE115の機能要素を制御するためにコードのセットを実行することができる。追加または代替として、UE115は、専用ハードウェアを使用して、以下で説明する機能の態様を実行し得る。方法1300はまた、図11～図12の方法1100および1200の態様を組み込むことができる。

30

【0110】

ブロック1305において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、ワイヤレスデバイスにおいて、第1のビームコードブックを使用してミリメートル波基地局から第1の信号を受信し得る。いくつかの例では、ブロック1305の動作は、図6および図7を参照しながら上記で説明したように、信号検出モジュール605によって実行され得る。

【0111】

ブロック1310において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、第1の信号の品質が第2のしきい値を上回るか下回るかを判定し得る。いくつかの例では、ブロック1310の動作は、図7を参照しながら上記で説明したように、SNR計算モジュール705によって実行され得る。

40

【0112】

ブロック1315において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、第1の信号が第1のしきい値を下回ると判定すると、第1の信号の品質が第2のしきい値を上回るか下回るかを判定し得る。いくつかの例では、ブロック1315の動作は、図7を参照しながら上記で説明したように、SNR計算モジュール705によって実行され得る。

【0113】

ブロック1320において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、判定に少なくとも部分的に基づいて、第2のビームコードブックを動的に選択し得る。いくつかの例では、ブロック1320の動作は、図7を参照しながら上記で説明したように、ビームコードブック選択モジュール710によって実行され得る。

50

【0114】

ブロック1325において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、ミリメートル波基地局に第2のビームコードブックを使用するように要求する第2の信号をミリメートル波基地局に送信し得る。いくつかの例では、ブロック1315の動作は、図6および図7を参照しながら上記で説明したように、コードブック識別モジュール615によって実行され得る。

【0115】

図14は、本開示の様々な態様による、ミリメートル波基地局およびワイヤレスデバイスにおけるビーム整形のための方法1400を示すフローチャートを示す。方法1400の動作は、図1～図10を参照しながら説明したように、UE115またはその構成要素によって実施され得る。たとえば、方法1400の動作は、図5～図10を参照しながら説明したように、通信管理モジュール510または1010によって実行され得る。いくつかの例では、UE115は、以下で説明する機能を実行するためにUE115の機能要素を制御するためにコードのセットを実行することができる。追加または代替として、UE115は、専用ハードウェアを使用して、以下で説明する機能の態様を実行し得る。方法1400はまた、図11～図13の方法1100、1200、および1300の態様を組み込むことができる。

【0116】

ブロック1405において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、ワイヤレスデバイスにおいて、第1のビームコードブックを使用してミリメートル波基地局から第1の信号を受信し得る。いくつかの例では、ブロック1405の動作は、図6および図7を参照しながら上記で説明したように、信号検出モジュール605によって実行され得る。

【0117】

ブロック1410において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、第1のビームコードブックとは異なる第2のビームコードブックが受信された第1の信号において使用されることを動的に判定し得る。いくつかの例では、ブロック1410の動作は、図6および図7を参照しながら上記で説明したように、ビーム適応モジュール610によって実行され得る。

【0118】

ブロック1415において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、ミリメートル波基地局に第2のビームコードブックを使用するように要求する第2の信号をミリメートル波基地局に送信し得る。いくつかの例では、ブロック1415の動作は、図6および図7を参照しながら上記で説明したように、コードブック識別モジュール615によって実行され得る。

【0119】

ブロック1420において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、ワイヤレスデバイスで使用される第1の受信機ビームコードブックを、ミリメートル波基地局によって使用される第1のビームコードブックに関連するものとして識別し得る。いくつかの例では、ブロック1420の動作は、図6および図7を参照しながら上記で説明したように、信号検出モジュール605によって実行され得る。

【0120】

ブロック1425において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、第1の受信機ビームコードブックから、ミリメートル波基地局によって使用される第2のビームコードブックに関連する第2の受信機ビームコードブックに切り替え得る。いくつかの例では、ブロック1425の動作は、図6および図7を参照しながら上記で説明したように、ビーム適応モジュール610によって実行され得る。

【0121】

したがって、方法1100、1200、1300、および1400は、ミリメートル波基地局およびワイヤレスデバイスにおいてビーム整形を提供し得る。方法1100、1200、1300、および1400は、可能な実装形態について説明しており、動作およびステップは、他の実装形態が可能であるように再配置、またはさもなければ修正され得ることに留意されたい。いくつかの例

では、方法1100、1200、1300、および1400のうちの2つ以上からの態様を組み合わせることができる。

【0122】

図15は、本開示の様々な態様による、ミリメートル波基地局およびワイヤレスデバイスにおけるビーム整形のためのプロセスフロー1500の一例を示す。プロセスフロー1500は、図1～図4を参照しながら上記で説明したUE115または基地局105の一例であり得るUE115または基地局105によって実行され得る。

【0123】

ブロック1505において、ミリメートル波基地局およびUEは、信号を送信および受信するためのデフォルトビームコードブックを選択し得る。いくつかの例では、基地局およびUEは、いずれかの側で最も粗いコードブックから開始し得る。ブロック1510において、基地局およびUEは、複数のSNRしきい値レベル(すなわち、第1のSNRしきい値および第2のSNRしきい値)を選択し得る。いくつかの例では、SNRしきい値レベルは、あらかじめ決定されるか、ユーザ選好、またはユーザによって駆動される他のプロトコルの考慮事項に基づいて動的に調整され得る。たとえば、SNRしきい値レベルは、送信されるデータのタイプおよび量に基づいて選択され得る。

【0124】

デフォルトビームコードブックおよびSNRしきい値レベルを選択すると、UE115および基地局105は、UE発見位相に入り得る。ブロック1515において、UEは、デフォルトビームコードブックからの複数のビームフォーミングベクトルに沿って基地局から指向性1次同期信号(DPSS)波形を受信し得る。UEは、UEで選択されたデフォルトビームコードブックからUEにおけるアンテナのサブアレイにわたって受信された波形を結合し得る。ブロック1520において、UEは、受信信号のSNRを推定し、受信信号のSNRが第1のSNRしきい値を上回るかどうかを判定し得る。UEが、受信信号のSNRが第1のSNRしきい値を上回ると判定した場合、ブロック1525において、UEは、RACHを介して、信号エネルギー推定値、対応する基地局ビームフォーミングベクトルインデックス、およびビームフォーミングに関する他の関連情報を基地局に送信し得る。その後、ブロック1530において、UEおよび基地局は、RACH後の位相に入り得る。ブロック1535において、UEおよび基地局は、受信されたビームおよびSNR情報に基づいてビームを精製し得る。ブロック1540において、UEおよび基地局は、データ位相に入り、選択されたビームとのデータ通信を確立し得る。

【0125】

代替的に、ブロック1520において、UEが、受信信号のSNRが第1のしきい値を下回ると判定した場合、UEは、ブロック1545において、受信信号もまた第2のSNRしきい値を下回るかどうかをさらに判定し得る。受信信号の信号品質が第2のSNRしきい値を下回る場合、ブロック1550において、UEは、UEから基地局への低周波バックアップリンクオプションを選択するか(利用可能な場合)、または遭難信号を発行し得る。いくつかの例では、遭難信号は、そのビームコードブックを細かいコードブックに切り替えるように基地局に要求し得る。UEはまた、発行された遭難信号に基づいてそのコードブックを細かいコードブックに切り替え得る。しかしながら、受信信号が第2のSNRしきい値を上回る場合、UEは、ブロック1555において、UEのための粗いコードブックを維持しながら、そのコードブックを中間コードブックに切り替えることを基地局に要求する信号を基地局に発行し得る。適切なコードブックを選択すると、プロセスフロー1500は、更新されたコードブック選択(すなわちブロック1550および1555)を利用してブロック1505において繰り返し得る。いくつかの例では、ブロック1510でのSNRしきい値レベルは、コードブック選択に基づいても適応され得る。

【0126】

図16は、本開示の様々な態様による、アンテナサブアレイの高速選択およびミリメートル波ワイヤレス接続のためのビームフォーミングのための方法1600を示すフローチャートを示す。方法1600の動作は、図1～図4を参照しながら説明したように、UE115またはその構成要素によって実施され得る。たとえば、方法1600の動作は、図5～図10を参照しながら

ら説明したように、通信管理モジュール510または1010によって実行され得る。いくつかの例では、UE115は、以下で説明する機能を実行するためにUE115の機能要素を制御するためにコードのセットを実行することができる。追加または代替として、UE115は、専用ハードウェアを使用して、以下で説明する機能の態様を実行し得る。

【0127】

ブロック1605において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、ワイヤレスデバイスにおいて、第1の信号をミリメートル波基地局から受信し得、第1の信号が、第1のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトル上にビームフォーミングされる。いくつかの例では、ブロック1605の動作は、図8～図9を参照しながら上記で説明したように、信号検出モジュール805によって実行され得る。

10

【0128】

ブロック1610において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、複数のアンテナサブアレイの少なくとも一部で受信された第1の信号の品質を識別するために、複数のアンテナサブアレイの一部を走査し得る。一実施形態では、複数のアンテナの一部は、サブアレイ選択コードブックからの複数のビームフォーミングベクトルに関して走査され得る。いくつかの例では、ブロック1610の動作は、図8～図9を参照しながら上記で説明したように、アンテナ走査モジュール810によって実行され得る。

【0129】

ブロック1615において、UE115は、図2～図4を参照して上記で説明したように、第1の信号の識別された品質に少なくとも部分的に基づいて、複数のアンテナサブアレイの走査された部分から1つのアンテナサブアレイを選択し得る。いくつかの例では、ブロック1615の動作は、図8～図9を参照しながら上記で説明したように、アンテナサブアレイ選択モジュール815によって実行され得る。

20

【0130】

図17は、本開示の様々な態様による、アンテナサブアレイの高速選択およびミリメートル波ワイヤレス接続のためのビームフォーミングのための方法1700を示すフローチャートを示す。方法1700の動作は、図1～図4を参照しながら説明したように、UE115またはその構成要素によって実施され得る。たとえば、方法1700の動作は、図5～図10を参照しながら説明したように、通信管理モジュール510または1010によって実行され得る。いくつかの例では、UE115は、以下で説明する機能を実行するためにUE115の機能要素を制御するためにコードのセットを実行することができる。追加または代替として、UE115は、専用ハードウェアを使用して、以下で説明する機能の態様を実行し得る。方法1700はまた、図16の方法1600の態様を組み込むこともできる。

30

【0131】

ブロック1705において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、ワイヤレスデバイスにおいて、第1の信号をミリメートル波基地局から受信し得、第1の信号が、第1のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトル上にビームフォーミングされる。いくつかの例では、ブロック1705の動作は、図8および図9を参照しながら上記で説明したように、信号検出モジュール805によって実行され得る。

【0132】

40

ブロック1710において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、複数のアンテナサブアレイの少なくとも一部で受信された第1の信号の品質を識別するために、サブアレイ選択コードブックからの複数のビームフォーミングベクトルに関して複数のアンテナサブアレイの一部を走査し得る。いくつかの例では、ブロック1710の動作は、図8および図9を参照しながら上記で説明したように、アンテナ走査モジュール810によって実行され得る。

【0133】

ブロック1715において、UE115は、図2～図4を参照して上記で説明したように、第1の信号の識別された品質に少なくとも部分的に基づいて、複数のアンテナサブアレイの走査された部分から1つのアンテナサブアレイを選択し得る。いくつかの例では、ブロック1715

50

の動作は、図8および図9を参照しながら上記で説明したように、アンテナサブアレイ選択モジュール815によって実行され得る。

【0134】

ブロック1720において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、選択されたアンテナサブアレイにおける第1の信号の品質が第1のしきい値を上回るか下回るかを判定し得る。いくつかの例では、ブロック1720の動作は、図9を参照しながら上記で説明したように、SNR計算モジュール905によって実行され得る。

【0135】

ブロック1725において、UE115は、図2～図4を参照して上記で説明したように、判定に少なくとも部分的に基づいて、第2の信号をミリメートル波基地局に送信し得る。いくつかの例では、ブロック1725の動作は、図9を参照しながら上記で説明したように、信号送信モジュール910によって実行され得る。

10

【0136】

図18は、本開示の様々な態様による、アンテナサブアレイの高速選択およびミリメートル波ワイヤレス接続のためのビームフォーミングのための方法1800を示すフローチャートを示す。方法1800の動作は、図1～図4を参照しながら説明したように、UE115またはその構成要素によって実施され得る。たとえば、方法1800の動作は、図5～図10を参照しながら説明したように、通信管理モジュール510または1010によって実行され得る。いくつかの例では、UE115は、以下で説明する機能を実行するためにUE115の機能要素を制御するためにコードのセットを実行することができる。追加または代替として、UE115は、専用ハードウェアを使用して、以下で説明する機能の態様を実行し得る。方法1800はまた、図16～図17の方法1600または1700の態様を組み込むこともできる。

20

【0137】

ブロック1805において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、ワイヤレスデバイスにおいて、第1の信号をミリメートル波基地局から受信し得、第1の信号が、第1のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトル上にビームフォーミングされる。いくつかの例では、ブロック1805の動作は、図8および図9を参照しながら上記で説明したように、信号検出モジュール805によって実行され得る。

【0138】

ブロック1810において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、複数のアンテナサブアレイの少なくとも一部で受信された第1の信号の品質を識別するために、サブアレイ選択コードブックからの複数のビームフォーミングベクトルに関して複数のアンテナサブアレイの一部を走査し得る。いくつかの例では、ブロック1810の動作は、図8および図9を参照しながら上記で説明したように、アンテナ走査モジュール810によって実行され得る。

30

【0139】

ブロック1815において、UE115は、図2～図4を参照して上記で説明したように、第1の信号の識別された品質に少なくとも部分的に基づいて、複数のアンテナサブアレイの走査された部分から1つのアンテナサブアレイを選択し得る。いくつかの例では、ブロック1815の動作は、図8および図9を参照しながら上記で説明したように、アンテナサブアレイ選択モジュール815によって実行され得る。

40

【0140】

ブロック1820において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、選択されたアンテナサブアレイにおける第1の信号の品質が第1のしきい値を上回るか下回るかを判定し得る。いくつかの例では、ブロック1820の動作は、図9を参照しながら上記で説明したように、SNR計算モジュール905によって実行され得る。

【0141】

ブロック1825において、UE115は、図2～図4を参照して上記で説明したように、判定に少なくとも部分的に基づいて、第2の信号をミリメートル波基地局に送信し得る。いくつかの例では、ブロック1825の動作は、図9を参照しながら上記で説明したように、信号送

50

信モジュール910によって実行され得る。

【0142】

ブロック1830において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、第3の信号をミリメートル波基地局から受信し得、第3の信号が、第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトル上にビームフォーミングされる。いくつかの例では、ブロック1815の動作は、図8および図9を参照しながら上記で説明したように、信号検出モジュール805によって実行され得る。

【0143】

ブロック1835において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトルを走査し得る。いくつかの例では、ブロック1835の動作は、図8および図9を参照しながら上記で説明したように、アンテナ走査モジュール810によって実行され得る。

10

【0144】

ブロック1840において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、第2のコードブックの走査に基づいて、第2のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトルから第2のビームフォーミングベクトルを識別し得る。いくつかの例では、ブロック1815の動作は、図8および図9を参照しながら上記で説明したように、アンテナサブアレイ選択モジュール815によって実行され得る。

【0145】

図19は、本開示の様々な態様による、アンテナサブアレイの高速選択およびミリメートル波ワイヤレス接続のためのビームフォーミングのための方法1900を示すフローチャートを示す。方法1800の動作は、図1～図4を参照しながら説明したように、UE115またはその構成要素によって実施され得る。たとえば、方法1900の動作は、図5～図10を参照しながら説明したように、通信管理モジュール510または1010によって実行され得る。いくつかの例では、UE115は、以下で説明する機能を実行するためにUE115の機能要素を制御するためにコードのセットを実行することができる。追加または代替として、UE115は、専用ハードウェアを使用して、以下で説明する機能の態様を実行し得る。方法1800はまた、図16～図18の方法1600、1700、および1800の態様を組み込むことができる。

20

【0146】

ブロック1905において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、ワイヤレスデバイスにおいて、第1の信号をミリメートル波基地局から受信し得、第1の信号が、第1のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトル上にビームフォーミングされる。いくつかの例では、ブロック1905の動作は、図8および図9を参照しながら上記で説明したように、信号検出モジュール805によって実行され得る。

30

【0147】

ブロック1910において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、複数のアンテナサブアレイの少なくとも一部で受信された第1の信号の品質を識別するために、サブアレイ選択コードブックからの複数のビームフォーミングベクトルに関して複数のアンテナサブアレイの一部を走査し得る。いくつかの例では、ブロック1910の動作は、図8および図9を参照しながら上記で説明したように、アンテナ走査モジュール810によって実行され得る。

40

【0148】

ブロック1915において、UE115は、図2～図4を参照して上記で説明したように、第1の信号の識別された品質に少なくとも部分的に基づいて、複数のアンテナサブアレイの走査された部分から1つのアンテナサブアレイを選択し得る。いくつかの例では、ブロック1915の動作は、図8および図9を参照しながら上記で説明したように、アンテナサブアレイ選択モジュール815によって実行され得る。

【0149】

ブロック1920において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、選択されたアンテナサブアレイにおける第1の信号の品質が第1のしきい値を上回るか下回る

50

かを判定し得る。いくつかの例では、ブロック1920の動作は、図9を参照しながら上記で説明したように、SNR計算モジュール905によって実行され得る。

【0150】

ブロック1925において、UE115は、図2～図4を参照して上記で説明したように、判定に少なくとも部分的に基づいて、第2の信号をミリメートル波基地局に送信し得る。いくつかの例では、ブロック1925の動作は、図9を参照しながら上記で説明したように、信号送信モジュール910によって実行され得る。

【0151】

ブロック1930において、UE115は、図2～図4を参照して上記で説明したように、選択されたアンテナサブアレイにおける第1の信号の品質が第1のしきい値を下回ると判定すると、粗いコードブックからの複数のビームフォーミングベクトルを走査し得る。いくつかの例では、ブロック1930の動作は、図9を参照しながら上記で説明したように、ビームフォーミングベクトル走査モジュール915によって実行され得る。

10

【0152】

ブロック1935において、UE115は、図2～図4を参照して上記で説明したように、走査に少なくとも部分的に基づいて、複数のビームフォーミングベクトルから第1のビームフォーミングベクトルを識別し得る。いくつかの例では、ブロック1935の動作は、図9を参照しながら上記で説明したように、ビームフォーミング識別モジュール920によって実行され得る。

【0153】

20

図20は、本開示の様々な態様による、アンテナサブアレイの高速選択およびミリメートル波ワイヤレス接続のためのビームフォーミングのための方法1900を示すフローチャートを示す。方法2000の動作は、図1～図4を参照しながら説明したように、UE115またはその構成要素によって実施され得る。たとえば、方法2000の動作は、図5～図10を参照しながら説明したように、通信管理モジュール510または1010によって実行され得る。いくつかの例では、UE115は、以下で説明する機能を実行するためにUE115の機能要素を制御するためにコードのセットを実行することができる。追加または代替として、UE115は、専用ハードウェアを使用して、以下で説明する機能の態様を実行し得る。方法1900はまた、図16～図19の方法1600、1700、1800、および1900の態様を組み込むことができる。

【0154】

30

ブロック2005において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、ワイヤレスデバイスにおいて、第1の信号をミリメートル波基地局から受信し得、第1の信号が、第1のコードブックからの複数のビームフォーミングベクトル上にビームフォーミングされる。いくつかの例では、ブロック2005の動作は、図8および図9を参照しながら上記で説明したように、信号検出モジュール805によって実行され得る。

【0155】

ブロック2010において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、複数のアンテナサブアレイの少なくとも一部で受信された第1の信号の品質を識別するために、サブアレイ選択コードブックからの複数のビームフォーミングベクトルに関して複数のアンテナサブアレイの一部を走査し得る。いくつかの例では、ブロック2010の動作は、図8および図9を参照しながら上記で説明したように、アンテナ走査モジュール810によって実行され得る。

40

【0156】

ブロック2015において、UE115は、図2～図4を参照して上記で説明したように、第1の信号の識別された品質に少なくとも部分的に基づいて、複数のアンテナサブアレイの走査された部分から1つのアンテナサブアレイを選択し得る。いくつかの例では、ブロック2015の動作は、図8～図9を参照しながら上記で説明したように、アンテナサブアレイ選択モジュール815によって実行され得る。

【0157】

ブロック2020において、UE115は、図2～図4を参照して上記で説明したように、選択さ

50

れたアンテナサブアレイにおける第1の信号の品質が第1のしきい値を下回ると判定すると、粗いコードブックからの複数のビームフォーミングベクトルを走査し得る。いくつかの例では、ブロック2020の動作は、図9を参照しながら上記で説明したように、ビームフォーミングベクトル走査モジュール915によって実行され得る。

【0158】

ブロック2025において、UE115は、図2～図4を参照して上記で説明したように、走査に少なくとも部分的に基づいて、複数のビームフォーミングベクトルから第1のビームフォーミングベクトルを識別し得る。いくつかの例では、ブロック2025の動作は、図9を参照しながら上記で説明したように、ビームフォーミング識別モジュール920によって実行され得る。

10

【0159】

ブロック2030において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、選択されたアンテナサブアレイにおける第1の信号の品質が第2のしきい値を下回ると判定し得る。いくつかの例では、ブロック2030の動作は、図9を参照しながら上記で説明したように、SNR計算モジュール905によって実行され得る。

【0160】

ブロック2035において、UE115は、図2～図4を参照しながら上記で説明したように、判定に少なくとも部分的に基づいて、複数のビームフォーミングベクトルから第2のビームフォーミングベクトルを識別し得、第2のビームフォーミングベクトルは、細かいコードブックまたはワイヤレスデバイス固有のコードブックから識別される。いくつかの例では、ブロック2035の動作は、図9を参照しながら上記で説明したように、ビームフォーミング識別モジュール920によって実行され得る。

20

【0161】

したがって、方法1600、1700、1800、1900、および2000は、アンテナサブアレイの高速選択およびミリメートル波ワイヤレス接続のためのビームフォーミングを提供し得る。方法1600、1700、1800、1900、および2000は、可能な実装形態について説明しており、動作およびステップは、他の実装形態が可能であるように並べ替えられるか、または別様に修正され得ることに留意されたい。いくつかの例では、方法1600、1700、1800、1900、および2000の2つ以上からの態様が組み合わせられ得る。

【0162】

図21は、本開示の様々な態様による、アンテナサブアレイの高速選択およびミリメートル波ワイヤレス接続のためのビームフォーミングのためのプロセスフロー2100の一例を示す。プロセスフロー2100は、図2～図4を参照しながら上記で説明したUE115の一例であり得るUE115によって実行され得る。

30

【0163】

ブロック2105において、UE115は、UE発見位相中にミリメートル波基地局から第1の信号を受信し得る。いくつかの例では、UEは、各サブアレイにおける受信されたSNRを推定するために、単一のビームフォーミングベクトルに関して、複数のアンテナサブアレイを一度に1つずつ走査し得る。

【0164】

ブロック2110において、UE115は、第1の信号の識別された品質に基づいて、アンテナサブアレイのセットの走査された部分から1つのアンテナサブアレイを選択し得る。いくつかの例では、アンテナサブアレイは、後続のUE信号処理のための信号エネルギーのUEの推定値を最大にするように選択され得る。

40

【0165】

ブロック2115において、UE115は、選択されたアンテナサブアレイにおける第1の信号の品質がデータ位相において満足できるものであるかどうかを判定し得る。UE115が、選択されたアンテナサブアレイからの最良の基地局ビームフォーミングベクトルについての信号エネルギーのUEの推定値が適切に選ばれたSNRしきい値を超えると判定した場合、ブロック2120において、UE115は、信号エネルギー推定値、ミリメートル波基地局ビームフォ

50

ーミングベクトルインデックス、およびビームフォーミングのための他の関連情報をRACHを介してミリメートル基地局に伝え得る。その後、UE115および基地局は、通信のデータ位相を開始し得る。

【0166】

しかしながら、UE115は、ブロック2115において、選択されたアンテナサブアレイからの最良の基地局ビームフォーミングベクトルについての信号エネルギーのUEの推定値が選ばれたSNRしきい値を下回ると判定した場合、UE115は、選択されたアンテナサブアレイにおける基地局端とUE端の両方でのビームフォーミングベクトルの粗いコードブックを選択し得る。追加または代替として、UEおよび基地局は、選択された粗いコードブックに基づいてSNRしきい値を適応させ得る。選択されたアンテナサブアレイでの粗いコードブックの掃引の選択後、基地局は、選択されたコードブックからのビームフォーミングベクトルの各々に沿って指向性1次同期信号(DPSS)波形を送信し得る。

10

【0167】

これに応答して、ブロック2125において、UEは、更新されたコードブックを利用する受信信号のSNRが別の適切に選ばれたしきい値レベルを上回るかどうかを判定し得る。受信信号がしきい値レベルを超える場合、ブロック2130において、UEは、信号エネルギー推定値、ミリメートル波基地局ビームフォーミングベクトルインデックス、およびビームフォーミングのための他の関連情報をRACHを介してミリメートル基地局に伝え得る。しかしながら、受信信号のSNRがしきい値レベルを下回る場合、ブロック2135において、UE115は、選択されたアンテナサブアレイおよび基地局において、より細かいコードブックの切替えを選択し得る。ブロック2140において、UEは、更新されたコードブック選択が受信信号のSNRを向上させるかどうかを再び判定し得る。受信信号が第2のSNRしきい値を上回る場合、ブロック2130において、UEは、データ位相に入り得る。しかしながら、ブロック2145において、UE115が、SNRが第2のしきい値を下回ると判定した場合、UE115は、向上したリンクマージンについて複数のアンテナサブアレイを再び走査し得る。追加または代替として、ブロック2150において、UE115は、向上した信号品質を提供し得る代替経路が基地局とUE115との間に存在するかどうかを判定し得る。より良い経路が基地局とUEとの間に存在する場合、UE115は、代替経路のための複数のアンテナサブアレイでプロセスフロー2100を再び開始し得る。対照的に、代替経路が存在しない場合、ブロック2155において、UE115は、所定時間期間の間、プロセスフロー2100を切断し得る。

20

30

【0168】

添付の図面に関して上記に記載した発明を実施するための形態は、例示的な実施形態について説明するものであり、実装され得るか、または特許請求の範囲内にあるすべての実施形態を表すものではない。本明細書全体にわたって使用される「例示的」という用語は、「例、事例、または例示として役立つ」ことを意味し、「好ましい」または「他の実施形態よりも有利な」を意味するものではない。発明を実施するための形態は、説明した技法の理解を与える目的で、具体的な詳細を含む。しかしながら、これらの技法は、これらの具体的な詳細を伴わずに実践され得る。いくつかの事例では、説明した実施形態の概念を曖昧にするのを回避するために、よく知られている構造およびデバイスはブロック図の形態で示されている。

40

【0169】

様々な異なる技術および技法のいずれかを使用して、情報および信号が表されてもよい。たとえば、上記の説明全体にわたって参照される場合があるデータ、命令、コマンド、情報、信号、ビット、記号、およびチップは、電圧、電流、電磁波、磁場もしくは磁性粒子、光場もしくは光学粒子、またはそれらの任意の組合せによって表されてもよい。

【0170】

本明細書の開示に関して説明された様々な例示的なブロックおよびモジュールは、汎用プロセッサ、デジタル信号プロセッサ(DSP)、ASIC、FPGAもしくは他のプログラマブル論理デバイス、個別ゲートもしくはトランジスタ論理、個別のハードウェア構成要素、または本明細書で説明される機能を実行するように設計されたそれらの任意の組合せを用いて

50

実装または実行され得る。汎用プロセッサはマイクロプロセッサであり得るが、代替として、プロセッサは、任意の従来型プロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、またはステートマシンであり得る。プロセッサはまた、コンピューティングデバイスの組合せ、たとえば、DSPおよびマイクロプロセッサの組合せ、複数のマイクロプロセッサ、DSPコアと連携する1つまたは複数のマイクロプロセッサ、または任意の他のそのような構成として実装され得る。

【0171】

本明細書で説明された機能は、ハードウェア、プロセッサによって実行されるソフトウェア、ファームウェア、またはそれらの任意の組合せにおいて実装され得る。プロセッサによって実行されるソフトウェアにおいて実装される場合、機能は、1つまたは複数の命令またはコードとしてコンピュータ可読媒体上に記憶されるか、またはコンピュータ可読媒体を通じて送信され得る。他の例および実装形態は、本開示および添付の特許請求の範囲の範囲内にある。たとえば、ソフトウェアの性質のために、上述の機能は、プロセッサ、ハードウェア、ファームウェア、ハードワイヤリング、またはこれらの任意の組合せによって実行されるソフトウェアを使用して実装され得る。機能を実装する特徴はまた、機能の部分が異なる物理的ロケーションにおいて実装されるように分散されることを含めて、様々な位置に物理的に位置していてもよい。また、特許請求の範囲を含めて本明細書で使用される場合、項目のリスト(たとえば、「~の少なくとも1つ」あるいは「~の1つまたは複数」などの句が後に続く項目のリスト)において使用される「または」は包括的リストを示すので、たとえば[A、B、またはCの少なくとも1つ]のリストは、AまたはBまたはCまたはABまたはACまたはBCまたはABC(すなわち、AおよびBおよびC)を意味する。

【0172】

コンピュータ可読媒体は、ある場所から別の場所へのコンピュータプログラムの転送を容易にする任意の媒体を含む、非一時的コンピュータ記憶媒体と通信媒体の両方を含む。非一時的記憶媒体は、汎用または専用コンピュータによってアクセス可能である任意の入手可能な媒体とすることができる。限定ではなく例として、非一時的コンピュータ可読媒体は、RAM、ROM、電氣的消去可能プログラマブル読取り専用メモリ(EEPROM)、コンパクトディスク(CD)ROMもしくは他の光ディスクストレージ、磁気ディスクストレージもしくは他の磁気ストレージデバイス、または命令もしくはデータ構造の形態の所望のプログラムコード手段を搬送もしくは記憶するために使用され得、汎用コンピュータもしくは専用コンピュータまたは汎用プロセッサもしくは専用プロセッサによってアクセスされ得る任意の他の非一時的媒体を含むことができる。さらに、任意の接続が、適正にコンピュータ可読媒体と称される。たとえば、ソフトウェアが、同軸ケーブル、光ファイバーケーブル、ツイストペア、デジタル加入者回線(「DSL」)、または赤外線、無線、およびマイクロ波などのワイヤレス技術を使用してウェブサイト、サーバ、または他のリモートソースから送信される場合、同軸ケーブル、光ファイバーケーブル、ツイストペア、DSL、または赤外線、無線、およびマイクロ波などのワイヤレス技術は、媒体の定義に含まれる。本明細書で使用するディスク(disk)およびディスク(disc)は、CD、レーザーディスク(登録商標)(disc)、光ディスク(disc)、デジタル多用途ディスク(disc)(DVD)、フロッピーディスク(disk)およびBlu-ray(登録商標)ディスク(disc)を含み、ディスク(disk)は通常、データを磁氣的に再生し、ディスク(disc)は、レーザーを用いてデータを光学的に再生する。上記の組合せも、コンピュータ可読媒体の範囲内に含まれる。

【0173】

本開示の前述の説明は、当業者が本開示を作製または使用することを可能にするために提供される。本開示への様々な修正は、当業者に容易に明らかになり、本明細書で定義する一般原理は、本開示の範囲から逸脱することなく他の変形形態に適用され得る。したがって、本開示は、本明細書で説明する例および設計に限定されるものではなく、本明細書で開示する原理および新規の特徴と一致する最も広い範囲を与えられるべきである。

【0174】

本明細書で説明した技法は、符号分割多元接続(CDMA)システム、時分割多元接続(TDMA)

システム、周波数分割多元接続(FDMA)システム、直交周波数分割多元接続(OFDMA)システム、シングルキャリア周波数分割多元接続(SC-FDMA)システム、および他のシステムのような様々なワイヤレス通信システムに使用され得る。「システム」および「ネットワーク」という用語は、しばしば互換的に使用される。CDMAシステムは、CDMA2000、ユニバーサル地上波無線アクセス(UTRA:Universal Terrestrial Radio Access)などのような無線技術を実装し得る。CDMA2000は、IS-2000規格、IS-95規格、およびIS-856規格をカバーする。IS-2000リリース0およびAは、一般に、CDMA2000 1X、1Xなどと呼ばれる。IS-856(TIA-856)は、一般に、CDMA2000 1xEV-DO、High Rate Packet Data(HRPD)などと呼ばれる。UTRAは、Wideband CDMA(WCDMA(登録商標))およびCDMAの他の変形態を含む。TDMAシステムは、モバイル通信用グローバルシステム(GSM(登録商標):Global System for Mobile Communications)のような無線技術を実装し得る。OFDMAシステムは、ウルトラモバイルブロードバンド(UMB)、発展型UTRA(E-UTRA)、IEEE802.11(Wi-Fi)、IEEE802.16(WiMAX)、IEEE802.20、Flash-OFDMなどのような無線技術を実装し得る。UTRAおよびE-UTRAは、ユニバーサルモバイルテレコミュニケーションシステム(UMTS)の一部である。3GPPロングタームエボリューション(LTE)およびLTEアドバンスド(LTE-A)は、E-UTRAを使用するユニバーサルモバイルテレコミュニケーションシステム(UMTS)の新しいリリースである。UTRA、E-UTRA、UMTS、LTE、LTE-A、およびモバイル通信用グローバルシステム(GSM(登録商標))は、「第3世代パートナーシッププロジェクト」(3GPP)という名称の組織からの文書に記載されている。CDMA2000およびUMBは、「第3世代パートナーシッププロジェクト2(3GPP2:3rd Generation Partnership Project 2)」という名称の組織からの文書に記載されている。本明細書で説明する技法は、上述のシステムおよび無線技術ならびに他のシステムおよび無線技術に使用され得る。ただし、上の説明では、例としてLTEシステムについて説明し、上の説明の大部分においてLTE用語が使用されるが、本技法はLTE適用例以外に適用可能である。

【符号の説明】

【0175】

100	システム	
105	基地局	
115	UE	
125	通信リンク	30
130	コアネットワーク	
132	バックホールリンク	
134	バックホールリンク	
200	ワイヤレス通信サブシステム	
205	伝搬経路	
210	反射面	
300	システム	
315	送信アンテナ	
335	受信アンテナ	
405	信号	40
420	デフォルトビームコードブック	
425	代替コードブック	
440	リフレクタ	
445	障害物	
500	ワイヤレスデバイス	
505	受信機	
510	通信管理モジュール	
515	送信機	
600	ワイヤレスデバイス	
605	信号検出モジュール	50

- 610 ビーム適応モジュール
- 615 コードブック識別モジュール
- 705 信号対雑音比(SNR)計算モジュール
- 710 ビームコードブック選択モジュール
- 800 ワイヤレスデバイス
- 805 信号検出モジュール
- 810 アンテナ走査モジュール
- 815 アンテナサブアレイ選択モジュール
- 905 信号対雑音比(SNR)計算モジュール
- 910 信号送信モジュール
- 915 ビームフォーミングベクトル走査モジュール
- 920 ビームフォーミング識別モジュール
- 925 しきい値適応モジュール
- 1000 システム
- 1005 プロセッサモジュール
- 1010 通信管理モジュール
- 1015 メモリ
- 1020 ソフトウェア/ファームウェアコード
- 1025 しきい値調整モジュール
- 1030 オンデマンド走査モジュール
- 1035 トランシーバモジュール
- 1040 アンテナ
- 1045 バス

10

20

【図 1】

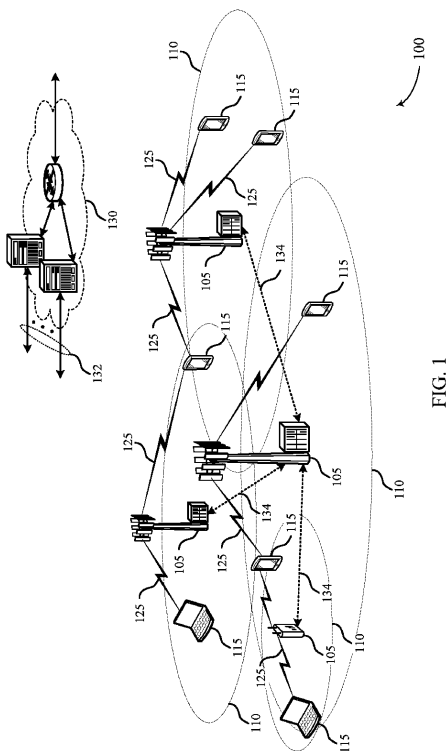


FIG. 1

【図 2】

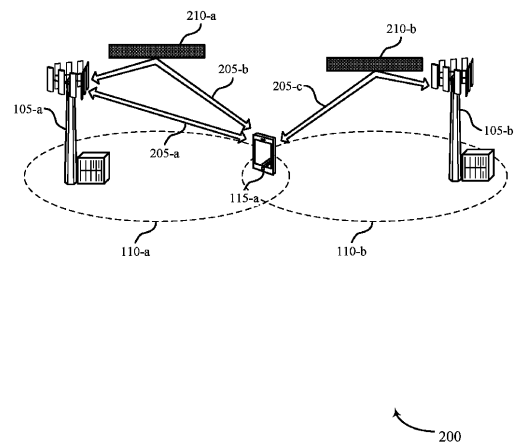
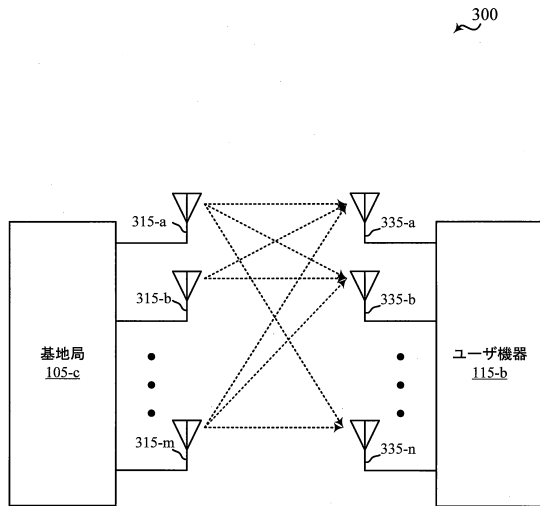


FIG. 2

【図 3】



【図 4 A】

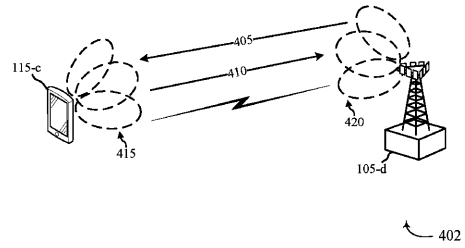
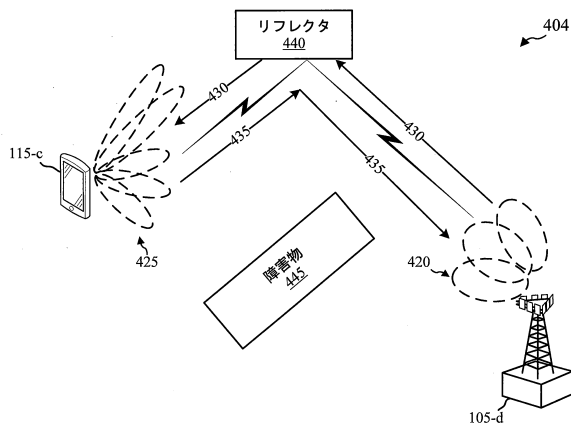
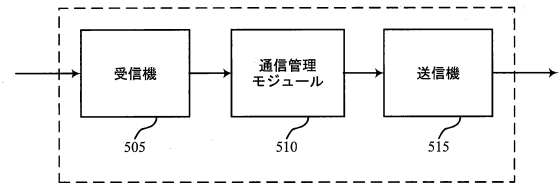


FIG. 4A

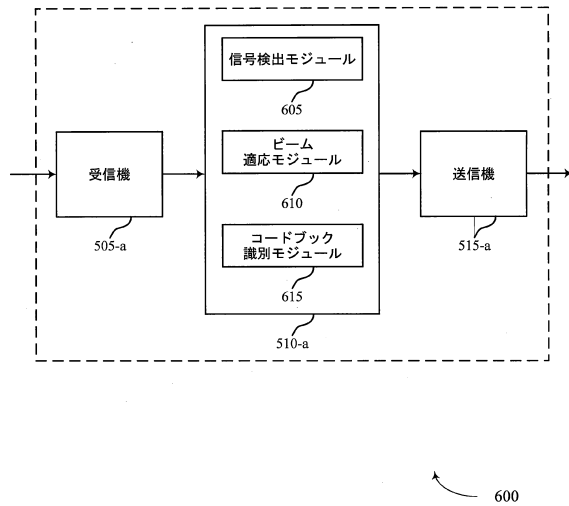
【図 4 B】



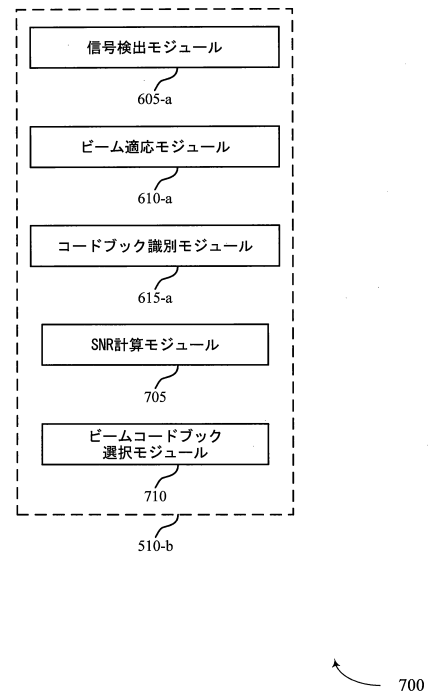
【図 5】



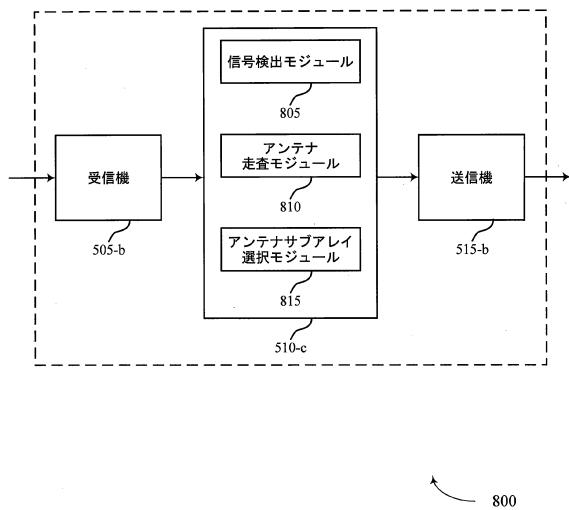
【図 6】



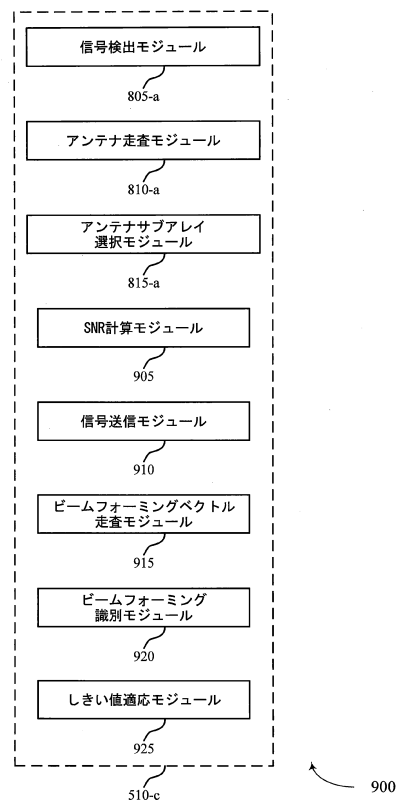
【図 7】



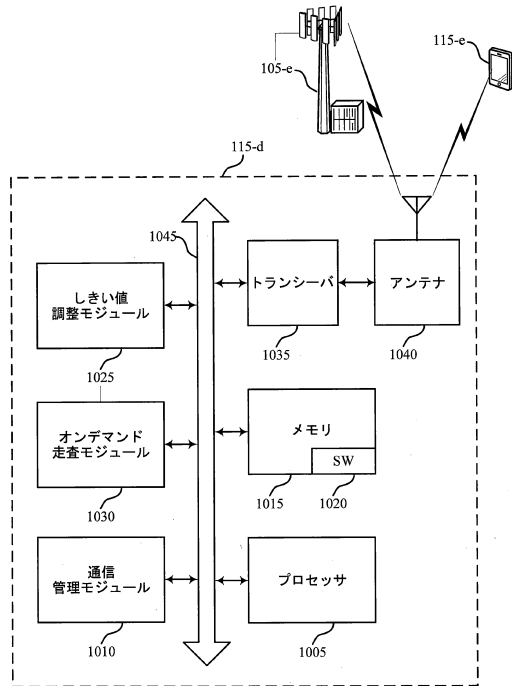
【図 8】



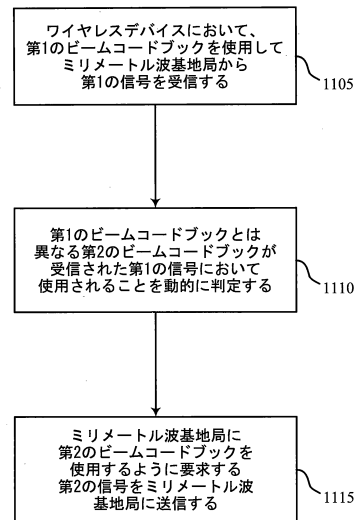
【図 9】



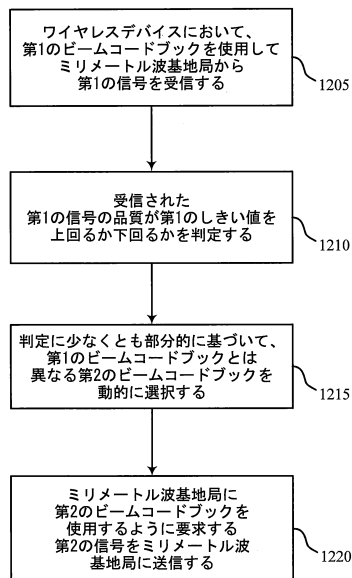
【図10】



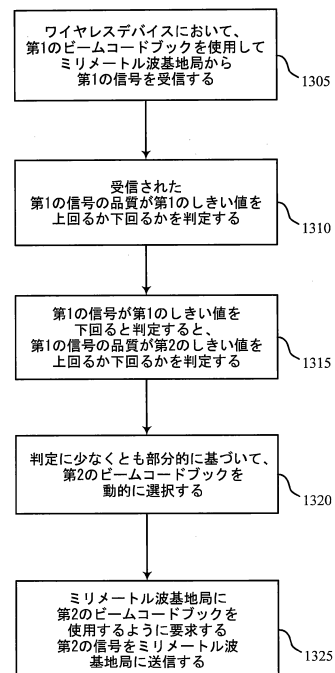
【図11】



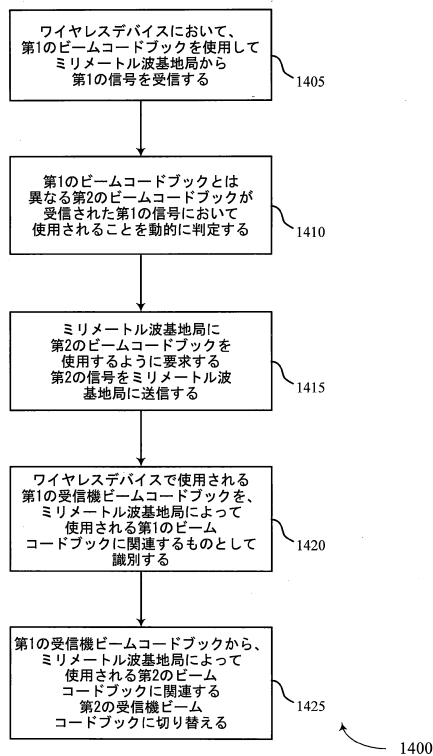
【図12】



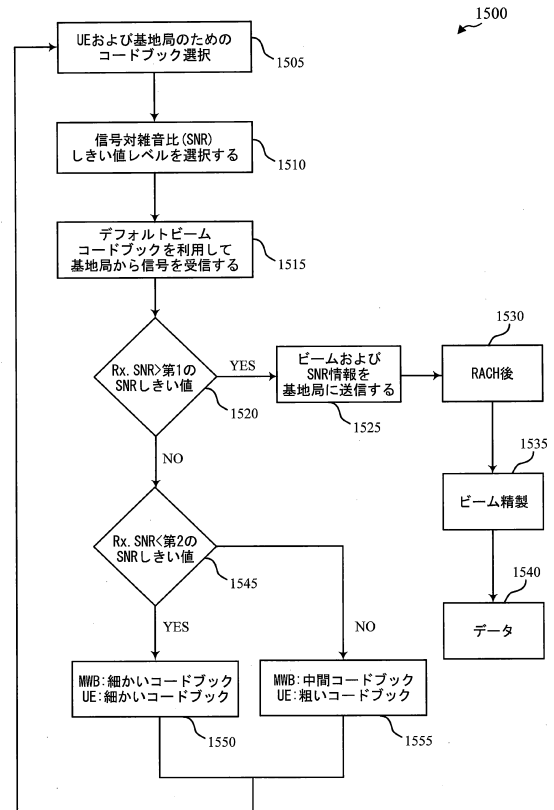
【図13】



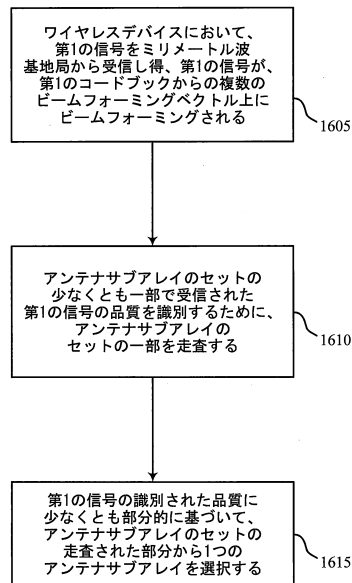
【図 14】



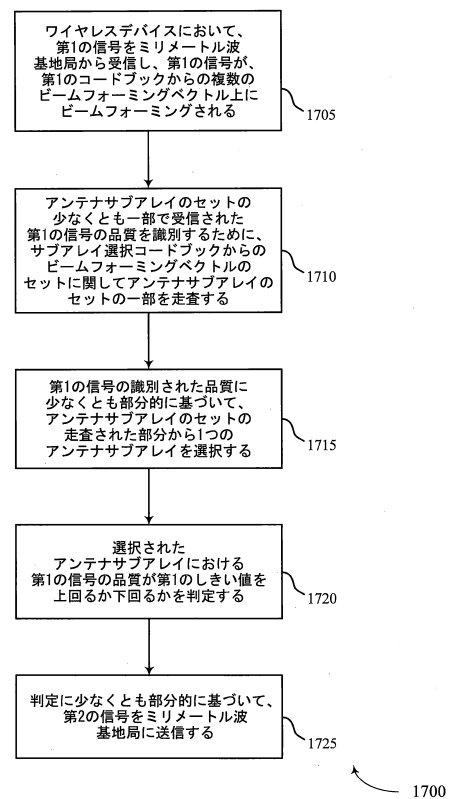
【図 15】



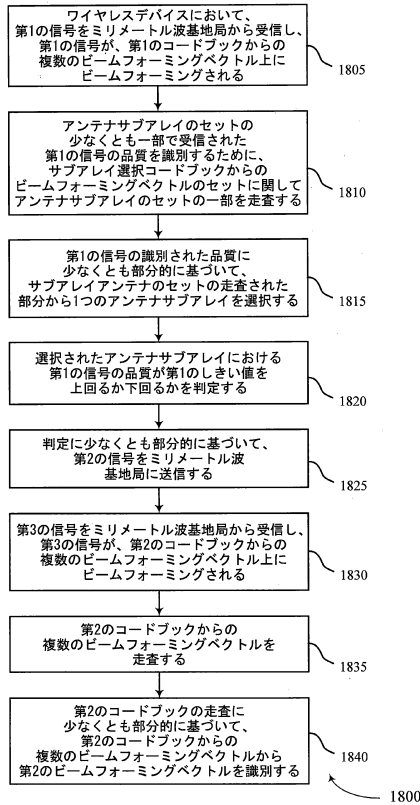
【図 16】



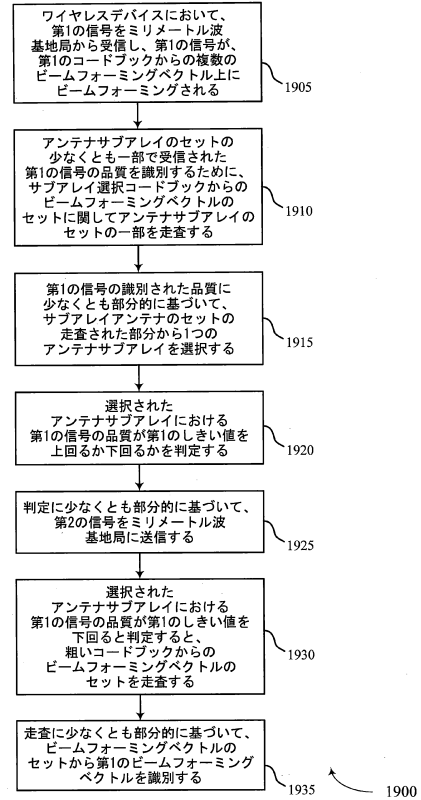
【図 17】



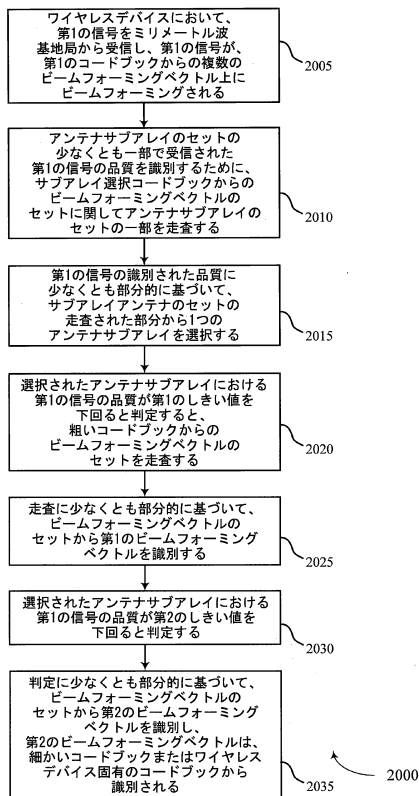
【図 18】



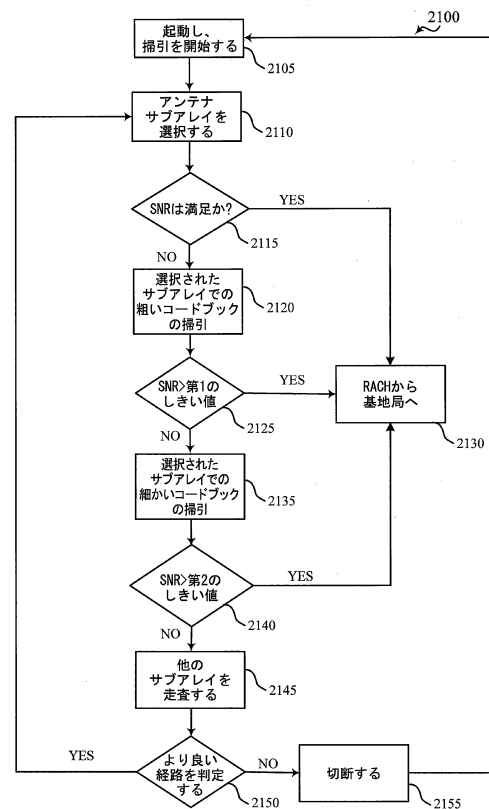
【図 19】



【図 20】



【図 21】



フロントページの続き

- (31)優先権主張番号 14/822,681
(32)優先日 平成27年8月10日(2015.8.10)
(33)優先権主張国 米国(US)

早期審査対象出願

- (72)発明者 ジェーアーゲン・セザンヌ
アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121-1714・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライ
ヴ・5775
(72)発明者 スンダル・スブラマニアン
アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121-1714・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライ
ヴ・5775
(72)発明者 アシュウィン・サンパス
アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121-1714・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライ
ヴ・5775
(72)発明者 ジュンイ・リ
アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121-1714・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライ
ヴ・5775

審査官 吉江 一明

- (56)参考文献 特開2008-092433 (JP, A)
国際公開第2014/112757 (WO, A1)
国際公開第2014/081257 (WO, A1)
特表2012-506661 (JP, A)
特開2014-090271 (JP, A)
特開2014-042299 (JP, A)
特開2009-253703 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04B 7/06
H04W 16/28
IEEE Explore