

(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2020-43560  
(P2020-43560A)

(43) 公開日 令和2年3月19日(2020.3.19)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
HO4W 16/28 (2009.01)	HO4W 16/28	5K067
HO4W 84/12 (2009.01)	HO4W 84/12	
HO4W 72/04 (2009.01)	HO4W 72/04 136	
HO4B 7/0452 (2017.01)	HO4B 7/0452	
HO4B 7/06 (2006.01)	HO4B 7/06 958	

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L 外国語出願 (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2019-159670 (P2019-159670)  
 (22) 出願日 令和1年9月2日(2019.9.2)  
 (31) 優先権主張番号 62/728,667  
 (32) 優先日 平成30年9月7日(2018.9.7)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関 米国(US)

(71) 出願人 502188642  
 マーベル ワールド トレード リミテッド  
 バルバドス国 ビービー14027, セントマイケル、ブリTONズ ヒル、ガンサイトロード、エル ホライズン  
 (74) 代理人 110000877  
 龍華国際特許業務法人  
 (72) 発明者 アンキット セティ  
 アメリカ合衆国、95054 カリフォルニア州、サンタ クララ、マーベル レーン 5488 マーベル セミコンダクター インコーポレイテッド内

最終頁に続く

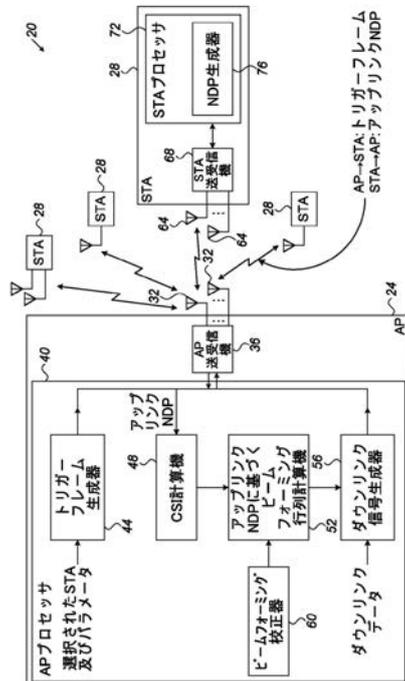
(54) 【発明の名称】 WLANのアップリンクマルチユーザサウンディング

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 チャンネル状態情報をSTAからAPに送信することなくビームフォーミング行列を計算する方法を提供する。

【解決手段】 システム20において、AP24の送受信機36は、一連のアンテナ32を介してダウンリンクパケットをWLANのSTA28に送信し、STA28からアップリンクパケットを受信する。APプロセッサ40は、送受信機36に結合され、複数のSTA28それぞれにチャンネルサウンディングパケットを送信する要求を送出する。AP24は複数のSTA28からチャンネルサウンディングパケットを受信し、複数のSTA28の少なくともサブセットに向けた次の送信ビームを定めるビームフォーミング行列を計算し、当該ビームフォーミング行列に従って、一連のアンテナ32を介して1つ又は複数のダウンリンクデータパケットを複数のSTA28のうちの1つ又は複数に送信する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

無線ローカルエリアネットワーク（WLAN）のアクセスポイント（AP）であって、  
2つ又はそれより多くのアンテナを有する一連のアンテナと、  
前記一連のアンテナを介して、ダウンリンクパケットを複数のWLANクライアントステーション（STA）にダウンリンクチャネルを通じて送信し、アップリンクパケットを前記複数のSTAからアップリンクチャネルを通じて受信するように構成された送受信機と、

前記送受信機に結合されたプロセッサと  
を備え、

前記プロセッサは、  
前記複数のSTAに、前記複数のSTAに対応するそれぞれの複数のチャネルサウンディングパケットを前記アップリンクチャネルで送信する要求を送出し、

前記要求に回答して前記複数のSTAから前記複数のチャネルサウンディングパケットを受信し、

受信した前記複数のチャネルサウンディングパケットに基づいて、前記複数のSTAのうち少なくともサブセットに向けた次の送信ビームを定めるビームフォーミング行列を計算し、

前記ビームフォーミング行列に従って、前記複数のSTAのうち1つ又は複数に前記一連のアンテナを介して1つ又は複数のダウンリンクデータパケットを送信する

ように構成される、WLANのAP。

**【請求項 2】**

前記プロセッサは、トリガースタートフレームを前記複数のSTAに送出することにより前記要求を送出するように構成され、前記トリガースタートフレームによって、前記複数のSTAは前記複数のチャネルサウンディングパケットを同時に送信することになる、請求項1に記載のWLANのAP。

**【請求項 3】**

前記プロセッサは、受信したそれぞれの前記複数のチャネルサウンディングパケットに基づいて、複数のSTA固有のチャネル応答を推定することにより、また前記複数のSTA固有のチャネル応答から前記ビームフォーミング行列を導き出すことにより、前記ビームフォーミング行列を計算するように構成される、請求項1又は2に記載のWLANのAP。

**【請求項 4】**

前記プロセッサは、予め定められた相互に直交する一連の空間ストリームのうち、それぞれの前記複数のSTAがそれぞれの前記複数のチャネルサウンディングパケットを送信するのに用いられる1つ又は複数の識別可能な空間ストリームを、前記要求において、前記複数のSTAの各STAに割り当てるように構成される、請求項1から3のいずれか一項に記載のWLANのAP。

**【請求項 5】**

前記プロセッサは、前記複数のチャネルサウンディングパケットを同時に受信し、割り当てられた相互に直交する識別可能な前記空間ストリームの識別情報に基づいて、前記複数のチャネルサウンディングパケットを分離するように構成される、請求項4に記載のWLANのAP。

**【請求項 6】**

前記プロセッサは、前記ビームフォーミング行列に、前記送受信機のアップリンク応答とダウンリンク応答との間の差異を補償する校正をかけるように構成される、請求項1から5のいずれか一項に記載のWLANのAP。

**【請求項 7】**

前記プロセッサは、前記複数のチャネルサウンディングパケットで送信されるチャネルサウンディングシンボルの最小数を前記要求に指定するように構成される、請求項1から

10

20

30

40

50

6のいずれか一項に記載のWLANのAP。

【請求項8】

前記プロセッサは、予め定められた信号レベルの閾値を上回る信号レベルで、アップリンクパケットを前記WLANのAPで以前に受信したSTAだけを前記複数のSTAに含めるように構成される、請求項1から7のいずれか一項に記載のWLANのAP。

【請求項9】

前記プロセッサは、前記APの前記一連のアンテナに対する空間方向が、予め定められた空間基準に従って互いに異なるSTAだけを前記複数のSTAに含めるように構成される、請求項1から7のいずれか一項に記載のWLANのAP。

【請求項10】

無線ローカルエリアネットワーク(WLAN)通信の方法であって、

2つ又はそれより多くのアンテナを有する一連のアンテナを含むWLANのアクセスポイント(AP)から、複数のWLANクライアントステーション(STA)に、前記複数のSTAに対応するそれぞれの複数のチャンネルサウンディングパケットをアップリンクチャンネルで送信する要求を送出する段階と、

前記要求に回答して前記複数のSTAから前記複数のチャンネルサウンディングパケットを受信する段階と、

受信した前記複数のチャンネルサウンディングパケットに基づいて、前記複数のSTAのうちの少なくともサブセットに向けた次の送信ビームを定めるビームフォーミング行列を計算する段階と、

前記ビームフォーミング行列に従って、前記複数のSTAのうちの1つ又は複数に前記一連の複数のアンテナを介して1つ又は複数のダウンリンクデータパケットを送信する段階と

を備える、方法。

【請求項11】

前記要求を送出する段階は、トリガフレームを前記複数のSTAに同時に送出手段を含む、前記トリガフレームによって、前記複数のSTAは前記複数のチャンネルサウンディングパケットを同時に送信することになる、請求項10に記載の方法。

【請求項12】

前記ビームフォーミング行列を計算する段階は、受信したそれぞれの前記複数のチャンネルサウンディングパケットに基づいて、複数のSTA固有のチャンネル応答を推定する段階と、前記複数のSTA固有のチャンネル応答から前記ビームフォーミング行列を導き出す段階とを含む、請求項10又は11に記載の方法。

【請求項13】

前記要求を送出する段階は、予め定められた相互に直交する一連の空間ストリームのうち、それぞれの前記複数のSTAがそれぞれの前記複数のチャンネルサウンディングパケットを送信するのに用いられる1つ又は複数の識別可能な空間ストリームを、前記要求において、前記複数のSTAの各STAに割り当てる段階を含む、請求項10から12のいずれか一項に記載の方法。

【請求項14】

前記複数のチャンネルサウンディングパケットを受信する段階は、前記複数のチャンネルサウンディングパケットを同時に受信する段階と、割り当てられた相互に直交する識別可能な前記空間ストリームの識別情報に基づいて、前記複数のチャンネルサウンディングパケットを分離する段階とを含む、請求項13に記載の方法。

【請求項15】

前記方法はさらに、前記ビームフォーミング行列に、前記APのアップリンク応答とダウンリンク応答との間の差異を補償する校正をかける段階を備える、請求項10から14のいずれか一項に記載の方法。

【請求項16】

前記要求を送出する段階は、前記複数のチャンネルサウンディングパケットで送信される

10

20

30

40

50

チャンネルサウンディングシンボルの最小数を前記要求に指定する段階を含む、請求項 10 から 15 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 17】

前記方法はさらに、予め定められた信号レベルの閾値を上回る信号レベルで、アップリンクパケットを前記 AP で以前に受信した STA だけを前記複数の STA に含める段階を備える、請求項 10 から 16 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 18】

前記方法はさらに、前記 AP の前記一連のアンテナに対する空間方向が、予め定められた空間基準に従って互いに異なる STA だけを前記複数の STA に含める段階を備える、請求項 10 から 16 のいずれか一項に記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[関連出願の相互参照]

本願は、2018年9月7日出願の米国仮特許出願第62/728,667号の利益を主張し、当該米国仮特許出願の開示は参照により本明細書に組み込まれる。

【0002】

本開示は概して無線ローカルエリアネットワーク(WLAN)に関し、特に、WLANにおけるアップリンクサウンディングの方法及びシステムに関する。

【背景技術】

20

【0003】

様々な通信システムが、指向性の送信及び受信にビームフォーミング技術を用いている。無線ローカルエリアネットワーク(WLAN)のビームフォーミング技術が、例えば、「Draft Standard for Information technology; Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks; Specific requirements; Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications; Amendment 1: Enhancements for High Efficiency WLAN」(2018年12月)と題するIEEE P802.11ax(登録商標)/D3.3の規格案に規定されており、この規格案は参照により本明細書に組み込まれる。この規格は、本明細書では簡略して「IEEE 802.11ax」とも呼ばれる。

30

【0004】

上記の説明は、この分野の関連技術についての一般的な概要として示されており、含まれる情報のいずれかが本特許出願に対する先行技術を構成することを認めるものと解釈されるべきではない。

【発明の概要】

【0005】

40

本明細書で説明される一実施形態が、2つ又はそれより多くのアンテナを有する一連のアンテナ、送受信機、及びプロセッサを含む、無線ローカルエリアネットワーク(WLAN)のアクセスポイント(AP)を提供する。送受信機は、一連のアンテナを介して、ダウンリンクチャンネルを通じてダウンリンクパケットをWLANのクライアントステーション(STA)に送信し、アップリンクチャンネルを通じてSTAからアップリンクパケットを受信するように構成される。プロセッサは送受信機に結合され、複数のSTAに、複数のSTAに対応するそれぞれの複数のチャンネルサウンディングパケットをアップリンクチャンネルで送信する要求を送出し、この要求に応答して複数のSTAから複数のチャンネルサウンディングパケットを受信し、受信した複数のチャンネルサウンディングパケットに基づいて、複数のSTAのうちの少なくともサブセットに向けた次の送信ビームを定めるビー

50

ムフォーミング行列を計算し、このビームフォーミング行列に従って、これらのS T Aのうちの一つ又は複数に一連のアンテナを介して一つ又は複数のダウンリンクデータパケットを送信するように構成される。

【0006】

一部の実施形態において、プロセッサは、トリガーフレームを複数のS T Aに送出することにより要求を送出するように構成され、トリガーフレームによって、複数のS T Aはチャンネルサウンディングパケットを同時に送信することになる。一実施形態において、プロセッサは、受信したそれぞれの複数のチャンネルサウンディングパケットに基づいて、複数のS T A固有のチャンネル応答を推定することにより、また複数のS T A固有のチャンネル応答からビームフォーミング行列を導き出すことにより、ビームフォーミング行列を計算するように構成される。

10

【0007】

一部の実施形態において、プロセッサは、予め定められた相互に直交する一連の空間ストリームのうち、それぞれのS T Aがそれぞれのチャンネルサウンディングパケットを送信するのに用いられる一つ又は複数の識別可能な空間ストリームを、要求において、複数のS T Aの各S T Aに割り当てるように構成される。一実施形態において、プロセッサは、複数のチャンネルサウンディングパケットを同時に受信し、割り当てられた相互に直交する識別可能な空間ストリームの識別情報に基づいて、これらのチャンネルサウンディングパケットを分離するように構成される。

【0008】

20

別の実施形態において、プロセッサは、ビームフォーミング行列に、送受信機のアップリンク応答とダウンリンク応答との間の差異を補償する校正をかけるように構成される。さらに別の実施形態において、プロセッサは、チャンネルサウンディングパケットで送信されるチャンネルサウンディングシンボルの最小数を要求に指定するように構成される。

【0009】

開示される実施形態において、プロセッサは、予め定められた信号レベルの閾値を上回る信号レベルで、アップリンクパケットをWLANのAPで以前に受信したS T Aだけを複数のS T Aに含めるように構成される。追加的に又は代替的に、プロセッサは、APの一連のアンテナに対する空間方向が、予め定められた空間基準に従って互いに異なるS T Aだけを複数のS T Aに含めるように構成される。

30

【0010】

本明細書で説明される一実施形態に従って、無線ローカルエリアネットワーク(WLAN)通信の方法がさらに提供される。本方法は、2つ又はそれより多くのアンテナを有する一連のアンテナを含むWLANのアクセスポイント(AP)から、複数のS T Aに対応するそれぞれの複数のチャンネルサウンディングパケットをアップリンクチャンネルで送信する要求を複数のWLANクライアントステーション(S T A)に送出する段階を含む。複数のチャンネルサウンディングパケットは、この要求に応答して、複数のS T Aから受信される。ビームフォーミング行列は、複数のS T Aのうち少なくともサブセットに向けた次の送信ビームを定めるものであり、受信した複数のチャンネルサウンディングパケットに基づいて計算される。一つ又は複数のダウンリンクデータパケットが、ビームフォーミング行列に従い、一連の複数のアンテナを介して、複数のS T Aのうちの一つ又は複数に送信される。

40

【0011】

本明細書で説明される一実施形態に従って、送受信機及びプロセッサを含む無線ローカルエリアネットワーク(WLAN)のクライアントステーション(S T A)がさらに提供される。送受信機は、ダウンリンクチャンネルを通じてWLANのアクセスポイント(AP)からダウンリンクパケットを受信し、アップリンクチャンネルを通じてAPにアップリンクパケットを送信するように構成される。プロセッサは送受信機に結合され、チャンネルサウンディングパケットをアップリンクチャンネルで送信する要求をAPから受信することであって、当該要求は、予め定められた相互に直交する一連の空間ストリームのうち、一つ

50

又は複数の識別可能な空間ストリームを指定する、受信することと、当該要求に応答して、指定された1つ又は複数の空間ストリームを含むチャンネルサウンディングパケットを生成することと、当該チャンネルサウンディングパケットをAPに送信することとを行うように構成される。

【0012】

一部の実施形態において、プロセッサは、トリガーフレームを受信することにより要求を受信するように構成され、プロセッサはさらに、受信したトリガーフレームに応答して、チャンネルサウンディングパケットを1つ又は複数の追加のSTAにより送信される1つ又は複数のチャンネルサウンディングパケットと同時に送信するように構成される。一実施形態において、プロセッサは、チャンネルサウンディングパケットで送信されるチャンネルサウンディングシンボルの指定された最小数を要求から抽出し、少なくとも最小数のチャンネルサウンディングシンボルを有するチャンネルサウンディングパケットを生成するように構成される。

10

【0013】

本明細書で説明される一実施形態に従って、無線ローカルエリアネットワーク(WLAN)通信の方法も提供される。本方法は、WLANのクライアントステーション(STA)において、アップリンクチャンネルでチャンネルサウンディングパケットを送信する要求をWLANのアクセスポイント(AP)から受信する段階を含み、当該要求は、予め定められた相互に直交する一連の空間ストリームのうち、1つ又は複数の識別可能な空間ストリームを指定する。当該要求に応答して、チャンネルサウンディングパケットは、指定された1つ又は複数の識別可能な空間ストリームを含むように生成され、当該チャンネルサウンディングパケットはAPに送信される。

20

【0014】

本明細書で説明される一実施形態に従って、複数のWLANクライアントステーション(STA)及びアクセスポイント(AP)を含む無線ローカルエリアネットワーク(WLAN)通信システムがさらに提供される。APは、複数のSTAに対応するそれぞれの複数のチャンネルサウンディングパケットをアップリンクチャンネルで送信する要求を、2つ又はそれより多くのアンテナを有する一連のアンテナを介して複数のSTAに送出し、当該要求に応答して複数のチャンネルサウンディングパケットを複数のSTAから受信し、受信した複数のチャンネルサウンディングパケットに基づいて、複数のSTAのうちの少なくともサブセットに向けた次の送信ビームを定めるビームフォーミング行列を計算し、当該ビームフォーミング行列に従って、1つ又は複数のダウンリンクパケットを一連のアンテナを介して複数のSTAのうちの1つ又は複数に送信するように構成される。

30

【0015】

本開示は、図面と照らし合わせると、本開示の実施形態に関する以下の詳細な説明から、より十分に理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本明細書で説明される一実施形態に従って、無線ローカルエリアネットワーク(WLAN)通信システムを概略的に示すブロック図である。

40

【0017】

【図2】本明細書で説明される一実施形態に従って、図1のWLAN通信システムにおけるビームフォーミングの方法を概略的に示すフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

典型的なWLAN通信システムでは、アクセスポイント(AP)が1つ又は複数のクライアントステーション(STA)と通信する。様々な現実的なシナリオでは、ビームフォーミングされたダウンリンク送信をAPが複数のSTAに同時に送信することが望ましい。指向性送信を複数のSTAに送信するために、APは、各STAに対応するチャンネル応答(チャンネル状態情報(CSI)とも呼ばれる)に関する知識を必要とする。

50

## 【 0 0 1 9 】

IEEE 802.11axの規格案に規定された方式を含む従来のビームフォーミング方式では、各STAはそれぞれのチャンネルのCSIを計算してCSIをAPに送信する必要がある。しかしながら、この技術は、多数の現実的な事例において問題がある。例えば、用いられる帯域幅が大きい場合、APアンテナの数が多い場合、及び/又はSTAの数が多い場合、アップリンクで送信する必要があるCSIデータの量は非現実的なものになる。さらに、APが複数のSTAをポーリングすることによって、相当なオーバーヘッドが生じる。

## 【 0 0 2 0 】

本明細書で説明される実施形態が、WLAN通信システムにおけるビームフォーミングの方法及び装置の向上をもたらす。開示される技術は、STAからAPへの明示的なCSIデータの送信を含んでいないため、上述した課題を克服できる。

10

## 【 0 0 2 1 】

一部の実施形態において、APは、ダウンリンク送信を同時に送信する予定の複数のSTAを選択する。APは複数のSTAに要求を送出し、複数のSTAにそれぞれの複数のチャンネルサウンディングパケットをアップリンクチャンネルで送信するように要求する。複数のSTAにより（アップリンクで）送られるチャンネルサウンディングパケットに基づいて、APは、複数のSTAのうちの少なくともサブセットに向けた次の送信ビームを定める（ダウンリンク用の）ビームフォーミング行列を計算する。APは次に、計算したビームフォーミング行列に従って、ダウンリンクデータパケットを生成して、当該ダウンリンクデータパケットをグループ内のSTAに送信する。

20

## 【 0 0 2 2 】

通常、チャンネルサウンディングパケットをSTAから受信すると、APは、それぞれのチャンネルサウンディングパケットに基づいて、STAごとにSTA固有のCSIを推定する。APは次に、複数のSTA固有のCSIからビームフォーミング行列を導き出す。

## 【 0 0 2 3 】

上記のプロセスでは、STAごとに、アップリンク及びダウンリンクのチャンネル応答が同様であると想定している。一部の実施形態において、APは、ビームフォーミング行列に、アップリンクチャンネル応答とダウンリンクチャンネル応答との間の差異を補償する校正をかける。そのような差異は、例えば、AP送信機の応答とAP受信機の応答との間の差異によるものである。校正プロセスについては、以下でより詳細に論じられる。

30

## 【 0 0 2 4 】

一実施形態において、APにより送られる要求はトリガーフレームを含み、STAにより送られるチャンネルサウンディングパケットは、ヌルデータパケット（NDP）を含む。

トリガーフレームのフォーマットは、例えば、上述したIEEE 802.11ax規格の9.3.1.2.2項に規定されている。続く説明は、明確にするために、主にトリガーフレーム及びNDPに言及する。しかしながら、開示される技術は、任意の特定のパケットタイプ又はパケットフォーマットに限定されるわけではない。

## 【 0 0 2 5 】

一部の実施形態において、トリガーフレームは複数のSTAに、それぞれのNDPを同時に送信するよう命令する。受信した異なるNDPを分離するために、APは、予め定められた相互に直交する一連の空間ストリームのうち、1つ又は複数の識別可能な空間ストリームを各STAに割り当てる。各STAは、割り当てられた1つ又は複数の空間ストリームを用いて、それぞれのNDPを生成する。空間ストリーム間の直交性を用いて、APは、同時に受信した複数のNDPを分離して復号することができる。

40

## 【 0 0 2 6 】

上述したように、開示される技術では、アップリンクチャンネルでCSIを送信する必要はない。さらに、一部の実施形態において、STAはそれぞれのチャンネルサウンディングパケットを同時に送信する。そのため、開示される技術は、帯域幅使用率の点で非常に効

50

率的であり、広い帯域幅及び多数の S T A をサポートする際にも拡張性が高い。

【 0 0 2 7 】

本開示の文脈及び特許請求の範囲において、用語「パケット」及び「フレーム」は区別なく用いられ、様々な通信層（例えば、物理（ P H Y ）層又はメディアアクセス制御（ M A C ）層）によりフォーマットされた様々な情報を幅広く指す。したがって、例えば、用語「トリガーフレーム」及び「チャンネルサウンディングパケット」は、任意の特定の通信層との関連を要求するものでも、そのような関連を含意するものでもない。

【 0 0 2 8 】

図 1 は、本明細書で説明される一実施形態に従って、無線ローカルエリアネットワーク（ W L A N ）通信システム 2 0 を概略的に示すブロック図である。システム 2 0 は、 A P 2 4 及び複数の S T A 2 8 を備える。一実施形態において、必ずしもそうではないが、 A P 2 4 及び複数の S T A 2 8 は、上述した I E E E 8 0 2 . 1 1 a x 規格に従って動作する。代替実施形態において、 A P 2 4 及び複数の S T A 2 8 は、 I E E E 8 0 2 . 1 1 b e 又は I E E E 8 0 2 . a c などの、任意の他の適切な W L A N 規格又はプロトコルに従って動作してよい。

10

【 0 0 2 9 】

本例において、 A P 2 4 は、一連のアンテナ 3 2 を有する。様々な実施形態において、一連のアンテナは、任意の好適な数のアンテナ、例えば、4本、8本、又は16本のアンテナを含んでよい。アンテナ 3 2 は、ダウンリンク信号を S T A 2 8 に送信するのに用いられ、またアップリンク信号を S T A 2 8 から受信するのに用いられる。 A P 2 4 はさらに、ダウンリンク信号を送信し且つアップリンク信号を受信するように構成された送受信機（送信機 - 受信機） 3 6 を有する。 A P プロセッサ 4 0 は、 A P の様々な処理作業を実行する。その他の機能として、 A P プロセッサ 4 0 は、アンテナ 3 2 を介して送受信機 3 6 により送信するために、以下で詳細に説明される技術を用いて、ビームフォーミングされた送信ビームを生成する。

20

【 0 0 3 0 】

図 1 の実施形態において、 A P プロセッサ 4 0 は、トリガーフレーム生成器 4 4 、 C S I 計算機 4 8 、ビームフォーミング行列計算機 5 2 、ダウンリンク信号生成器 5 6 、及びビームフォーミング校正器 6 0 を有する。トリガーフレーム生成器 4 4 はトリガーフレームを生成するように構成され、それらのトリガーフレームには、 S T A 2 8 の選択されたグループに N D P をアップリンクで送信するよう要求するトリガーフレームが含まれる。 C S I 計算機 4 8 は、グループ内の各 S T A から受信した N D P に基づいて、それぞれの S T A 固有の C S I を推定するように構成される。ビームフォーミング行列計算機 5 2 は、 S T A 固有の C S I に基づいて、グループ内の S T A に同時に送信するためのダウンリンクビームフォーミング行列を計算するように構成される。ダウンリンク信号生成器 5 6 は、ビームフォーミング行列に従って、ビームフォーミングされたダウンリンク信号を生成するように構成される。ビームフォーミング校正器 6 0 は、ビームフォーミング行列に校正をかけて、アップリンクとダウンリンクの間のチャンネル応答（ C S I ）の差異を補償するように構成される。

30

【 0 0 3 1 】

一実施形態において、各 S T A 2 8 は、ダウンリンク信号を A P 2 4 から受信し、またアップリンク信号を A P 2 4 に送信するために、1つ又は複数のアンテナ 6 4 を有する。各 S T A 2 8 はさらに、アップリンク信号を送信し且つダウンリンク信号を受信するように構成された S T A 送受信機 6 8 を有する。 S T A プロセッサ 7 2 は、 S T A の様々な処理作業を実行する。その他の機能として、 S T A プロセッサ 7 2 は、 A P 2 4 から受信したトリガーフレームに応答して、アップリンク N D P を生成するように構成された N D P 生成器 7 6 を有する。アップリンク N D P は、アンテナ 6 4 を介して、送受信機 6 8 により A P 2 4 に送信される。明確さのために、詳細な内部構造が複数の S T A 2 8 のうちの1つに対してのみ示されている。しかしながら、概してその他の S T A 2 8 も同様の構造を有する。

40

50

## 【 0 0 3 2 】

図 1 のシステム 2 0、A P 2 4、及び S T A 2 8 の構成は、単に例として示されている。代替実施形態において、任意の他の適切な構成を用いることができる。A P 2 4 及び S T A 2 8 の様々な要素は、ハードワイヤードされたコンポーネント若しくはプログラム可能なコンポーネントなどの専用のハードウェア若しくはファームウェアを用いて、例えば、1 つ若しくは複数の特定用途向け集積回路 ( A S I C )、フィールドプログラマブルゲートアレイ ( F P G A )、若しくは R F 集積回路 ( R F I C ) で実装されても、ソフトウェアを用いて実装されても、又はハードウェア要素とソフトウェア要素との組み合わせを用いて実装されてもよい。

## 【 0 0 3 3 】

一部の実施形態において、A P 2 4 及び / 又は S T A 2 8 の特定の要素、例えば、A P プロセッサ 4 0 及び / 又は S T A プロセッサ 7 2 の特定の機能が、1 つ又は複数のプログラム可能なプロセッサで実装される。これらのプロセッサは、ソフトウェアでプログラムされて、本明細書で説明される機能を実行する。ソフトウェアは、1 つ又は複数のプロセッサに電子的形態でネットワークを通じてダウンロードされてよく、例えば、ソフトウェアは代替的に又は追加的に、磁気メモリ、光メモリ、又は電子メモリなどの非一時的な有形の媒体に提供され得る、及び / 又は格納され得る。

## 【 0 0 3 4 】

図 2 は、本明細書で説明される一実施形態に従って、図 1 の W L A N 通信システム 2 0 におけるビームフォーミングの方法を概略的に示すフロー図である。本方法は、選択工程 8 0 で始まる。ここでは、A P プロセッサ 4 0 が 2 つ又はそれより多くの S T A 2 8 をスケジューリングのために選択する。言い換えれば、A P プロセッサ 4 0 が、ダウンリンク信号の同時送信先になる 2 つ又はそれより多くの S T A 2 8 を選択する。

## 【 0 0 3 5 】

一実施形態において、A P 送受信機 3 6 により送信されるダウンリンク信号は、直交周波数分割多重 ( O F D M ) 信号、すなわち、O F D M シンボルのシーケンスを含む。各 O F D M シンボルは、それぞれの周波数を有する変調された複数のサブキャリアを含む。O F D M シンボルは複数のリソース単位 ( R U ) に分割されてよく、各 R U はサブキャリアのサブセットを含む。

## 【 0 0 3 6 】

O F D M ベースの実施例において、用語「ダウンリンク信号を複数の S T A に同時に送信する」とは、「同じ O F D M シンボル ( 又は少なくとも部分的に重複する O F D M シンボル ) でダウンリンク信号を送信する」ことを意味する。一部の場合では、複数の S T A への送信が同じ R U で送信される ( マルチユーザ ( M U ) と呼ばれるシナリオ )。他の場合では、複数の S T A への送信が同じ O F D M シンボルの異なる R U で送信される ( 直交周波数分割多元接続 ( O F D M A ) と呼ばれるシナリオ )。M U 及び O F D M A の両方を同じ O F D M シンボルに含むハイブリッドシナリオもあり得る。様々な実施形態において、A P プロセッサ 4 0 は、上記方式のいずれか、すなわち M U 及び / 又は O F D M A を用いて、選択した S T A への同時送信をスケジューリングしてよい。

## 【 0 0 3 7 】

様々な実施形態において、A P プロセッサ 4 0 は、S T A を同時スケジューリングのために選択する任意の適切な基準を用いてよく、任意の好適な数の S T A が選択されてよい。一部の実施形態において、スケジューリングされる S T A の最大数が 8 個であり、この場合、I E E E 8 0 2 . 1 1 a x 規格で規定される P 行列で十分である。他の実施形態において、スケジューリングされる S T A の最大数が 8 個より多く、この場合、A P プロセッサ 4 0 及び S T A 2 8 は、より大きい P 行列をサポートする ( I E E E 8 0 2 . 1 1 a x の 2 8 . 3 . 1 0 . 1 0 項で規定される P 行列は、相互に直交する識別可能な空間ストリームを生成するのに用いられる正規直交行列である )。

## 【 0 0 3 8 】

例示的な 1 つの実施形態において、A P プロセッサ 4 0 は、S T A のアップリンク信号

10

20

30

40

50

が A P 2 4 において少なくとも予め定められた受信信号強度インジケーション ( R S S I ) で受信される S T A に選択を制限する。言い換えれば、A P プロセッサ 4 0 は、アップリンクパケットが予め定められた信号レベルの閾値を上回る信号レベルで以前に受信された S T A 2 8 だけを選択する。信号レベルの閾値は、通常、ユーザ設定可能である。この技術によって、その後受信される N D P における R S S I の差異が減少するので、自動利得制御 ( A G C ) が簡略化され、A P 送受信機 3 6 でのアナログデジタル変換 ( A D C ) が向上する。

【 0 0 3 9 】

別の例示的な実施形態において、A P プロセッサ 4 0 は、予め定められた空間基準に従って、A P アンテナに対する S T A の空間方向が互いに十分に異なる S T A に選択を制限する。例えば、A P プロセッサ 4 0 は、A P 2 4 に対して、予め定められた角度幅未満しか互いに分離されていない S T A を選択から除外してよい。この基準は、A P 2 4 から同じような方向にある S T A 2 8 へのビームフォーミングされた同時送信により引き起こされるかもしれない干渉を減少させるのに役立つ。

10

【 0 0 4 0 】

トリガーフレーム送信工程 8 4 では、A P プロセッサ 4 0 内のトリガーフレーム生成器 4 4 がトリガーフレームを生成し、A P 送受信機 3 6 が当該トリガーフレームを選択された S T A に送信する。トリガーフレームは、選択された S T A に、それぞれの N D P をアップリンクで送信するように要求する。トリガーフレーム生成器 4 4 は、トリガーフレームの好適なフィールドにおいて、S T A がそれぞれの N D P を生成する際に用いるパラメータを指定する。

20

【 0 0 4 1 】

一実施形態において、トリガーフレームのフォーマットは、参照により本明細書に組み込まれる上述の I E E E 8 0 2 . 1 1 a x 規格の 9 . 3 . 1 . 2 2 項で規定されるフォーマットに従う。トリガーフレームには、スケジューリングされる全ての S T A に共通するパラメータを指定する「共通情報」フィールドと、S T A 固有のパラメータを指定する複数の「ユーザ情報」フィールドとが含まれる。共通情報フィールド及びユーザ情報フィールドはさらに、サブフィールドに分割される。一実施形態において、以下の説明で具体的に言及されないサブフィールドが、それらの特定の用法を I E E E 8 0 2 . 1 1 a x 規格に従って保持する。

30

【 0 0 4 2 】

一実施形態において、トリガーフレーム生成器 4 4 は、トリガーフレームの共通情報フィールドにおいて以下のサブフィールドを指定する。

- ・トリガータイプサブフィールド：本例では 8 ( 予約値 ) に設定するが、代替実施形態では、任意の他の未使用の値に設定することができる。

- ・B W サブフィールド ( アップリンク N D P の必要な帯域幅を指定する ) : 選択された S T A に A P が送信する予定のダウンリンクパケットの帯域幅に設定する。

- ・G I サブフィールドおよび L T F タイプサブフィールド：アップリンク N D P で送信される、必要なガードインターバル ( G I ) 及びロングトレーニングフィールド ( L T F ) タイプに設定する。

40

- ・H E - L T F シンボル数サブフィールド：アップリンク N D P で送信される、高効率 L T F ( H E - L T F ) シンボルの必要数に設定する。

- ・S T B C サブフィールド、ドブラーサブフィールド、L D P C 追加シンボルサブフィールド、及びパケット拡張サブフィールド：予約済み。

【 0 0 4 3 】

上記に列挙されたサブフィールド及び値は、例として与えられている。他の実施形態では、異なる数のサブフィールド、又は異なる情報を含むサブフィールドが指定され得る。

【 0 0 4 4 】

一実施形態において、トリガーフレーム生成器 4 4 は、「H E - L T F シンボル数」サブフィールドを

50

【数 1】

$$\max_r N_{STS,r,total}$$

に設定する。 $N_{STS,r,total}$ は、インデックスが $r$ のRUでAP40が送信する予定の空間ストリームの総数を示す。ストリーム数は、インデックス $r$ のRUにスケジューリングされる全てのSTAに関して合計される。言い換えれば、この実施形態では、「HE-LTFシンボル数」サブフィールドは、RUごとの空間ストリームの最大予測数に設定される。この設定を用いて、次のアップリンクNDPが必ずしも全次元サウンディングを実行することにはならない点に留意されたい。言い換えれば、選択されたSTAは、理論上、RUごとの空間ストリームの総数が

10

【数 2】

$$\max_r N_{STS,r,total}$$

20

より大きくても、これらの空間ストリームを受信することができる。しかしながら、RUごとの空間ストリームの実際の数が

【数 3】

$$\max_r N_{STS,r,total}$$

を超えることはないので、HE-LTFシンボル数は

30

【数 4】

$$\max_r N_{STS,r,total}$$

を超える必要はない。

【0045】

代替実施形態において、トリガーフレーム生成器44は「HE-LTFシンボル数」サブフィールドを

40

【数 5】

$$\max_r N_{STS,r,u}, N_{STS,r,u} = N_{rx,r,u}$$

に設定する。 $N_{STS,r,u}$ は、インデックス $r$ のRUでインデックス $u$ のSTAに送信される空間ストリーム数を示し、 $N_{rx,r,u}$ は、インデックス $r$ のRUにおいて

50

インデックス  $u$  の S T A のアンテナ数を示す。これらの数は、インデックス  $r$  の R U にスケジューリングされる全ての S T A に関して再度合計される。言い換えれば、この実施形態において、「H E - L T F シンボル数」サブフィールドは、同じ R U にスケジューリングされた全ての S T A の、R U ごとに合計される最大アンテナ総数に設定される。この設定を用いて、次のアップリンク N D P は、A P が送信する予定の空間ストリームの実際の数に関係なく、全次元サウンディングを実行することになる。さらに他の実施形態において、トリガーフレーム生成器 4 4 は、「H E - L T F シンボル数」サブフィールドを任意の他の適切な値に設定してよい。

#### 【 0 0 4 6 】

一実施形態において、トリガーフレーム生成器 4 4 は、選択された特定の S T A に対応する、トリガーフレームのユーザ情報フィールドに以下のサブフィールドを指定する。

- ・ A I D サブフィールド：S T A の関連識別子 ( A I D ) に設定する。
- ・ R U 割り当てサブフィールド：S T A がアップリンク N D P の H E - L T F にロードする必要があるサブキャリアを含む R U のインデックスに設定する。
- ・ S S 割り当てサブフィールド：S T A がアップリンク N D P の H E - L T F を生成する際に用いる必要がある 1 つ又は複数の空間ストリーム ( S S ) を指定するために設定する。空間ストリームの全体プールは一連のインデックスによって表され、S S 割り当てサブフィールドは、(  $i$  ) 開始インデックス ( 用いられる最初の空間ストリームのインデックス ) と (  $i i$  ) 開始インデックスから始まる、用いられる空間ストリームの数とを指定する。例示的な 1 つの実施形態において、全次元サウンディングについては、空間ストリームの数は S T A のアンテナ数になるように設定される。

#### 【 0 0 4 7 】

上述したように、一部の実施形態において、トリガーフレーム生成器 4 4 は、スケジューリングされた S T A のそれぞれに 1 つ又は複数の空間ストリームを割り当てる。様々な空間ストリームは ( 所与の S T A への割り当ての範囲内、及び異なる S T A への割り当て間の両方で ) 互いに直交である。例示的な一実施例において、トリガーフレーム生成器 4 4 は、予め定められた相互に直交する一連の空間ストリームのうち、複数の空間ストリームを割り当てる。

#### 【 0 0 4 8 】

N D P 受信工程 8 8 において、A P 送受信機 3 6 は、スケジューリングされた複数の S T A 2 8 によりトリガーフレームに回答して送出された複数のアップリンク N D P を受信する。一実施形態では、上述したように、複数の S T A 2 8 がアップリンク N D P を互いに同時に送信し、各 S T A はそれぞれの N D P を、割り当てられた 1 つ又は複数の空間ストリームを用いて生成する。A P プロセッサ 4 0 は、空間ストリーム間の既知の直交性を用いて、同時に受信した複数の N D P を分離して復号するように構成される。

#### 【 0 0 4 9 】

一実施形態において、各アップリンク N D P のフォーマットは次のとおりである。

- ・ レガシーショートトレーニングフィールド ( L - S T F )、続いてレガシーロングトレーニングフィールド ( L - L T F )、続いてレガシー信号 ( L - S I G )、次いで反復レガシー信号 ( R L - S I G )、高効率信号 - A ( H E - S I G A )、次いで高効率ショートトレーニングフィールド ( H E - S T F )。
- ・ 一連の高効率ロングトレーニングフィールド ( H E - L T F ) シンボル。

#### 【 0 0 5 0 】

一実施形態において、シーケンス内の H E - L T F シンボル数は、トリガーフレームの共通情報フィールドの「H E - L T F シンボル数」サブフィールドにおいて指定される数である。各 S T A 2 8 は、トリガーフレームにおいて当該 S T A に割り当てられた 1 つ又は複数の空間ストリームを用いて、H E - L T F シンボルを生成する。

#### 【 0 0 5 1 】

C S I 計算工程 9 2 では、A P プロセッサ 4 0 内の C S I 計算機 4 8 が、スケジューリングされた S T A 2 8 のそれぞれについて、当該 S T A から受信したアップリンク N D P

に基づいて S T A 固有の C S I を推定する。S T A ごとに、S T A 固有の C S I は、S T A から A P 2 4 へのアップリンクチャネルのチャネル応答を近似する。以下の説明では、S T A 2 8 ごとに繰り返される例示的なプロセスが提供される。

【 0 0 5 2 】

例示的な一実施形態において、C S I 計算機 4 8 は最初に H E - L T F シンボルの極性を取り除いて（すなわち、H E - L T F シンボルから変調を取り除き、チャネルに関連する位相情報及び利得情報を保持する）、チャネル行列  $H_{(nTx-by-nSTS)}$  を導き出す。n T x は、A P 2 4 のアンテナ数を示し、

【 数 6 】

$$nSTS = \max_r N_{STS,r,total}$$

10

はトリガーフレームに指定された H E - L T F シンボル数を示す。

【 0 0 5 3 】

チャネル行列  $H_{(nTx-by-nSTS)}$  は、所与の S T A 2 8 から A P 2 4 へのアップリンクチャネルのチャネル応答を与える。C S I 計算機 4 8 は次に、

【 数 7 】

$$H_{r(nTx-by-N_{STS,r,total})} = H_{(nTx-by-nSTS)} \cdot P_{(nSTS-by-N_{STS,r,total})}^H$$

20

の積を計算する。P は、I E E E 8 0 2 . 1 1 a x 規格で定められる P 行列を示し（ $^H$  はエルミート転置（共役転置）演算子を示す。行列

【 数 8 】

$$H_{r(nSTS-by-N_{STS,r,total})}$$

30

の計算は R U ごとに行われるので、インデックスは r である。

【 0 0 5 4 】

ここで、C S I 計算機 4 8 は、C S I が推定されることになる S T A に割り当てられる空間ストリームのインデックスに対応する行列

【 数 9 】

$$H_{r(nTx-by-N_{STS,r,total})}$$

40

の列を抽出する。関連するインデックスが、トリガーフレームに、つまり、S T A の「ユーザ情報」フィールドの「S S 割り当て」サブフィールドに指定される。抽出された列で構成される行列は、 $H_{r,u}$  で示され、r は R U のインデックスを示し、u は S T A のインデックスを示す。 $H_{r,u}$  の次元は、 $(nTx-by-nSTS, r, u)$  である。この行列は、インデックス r の R U におけるインデックス u の S T A のアップリンク C S I を与える。

【 0 0 5 5 】

50

上述したように、C S I 計算機 4 8 は、スケジューリングされた S T A ごとに、S T A 固有の C S I を計算するプロセスを繰り返す。

【 0 0 5 6 】

ビームフォーミング計算工程 9 6 では、A P プロセッサ 4 0 内のビームフォーミング行列計算機 5 2 が、選択された複数の S T A 2 8 へのジョイントビームフォーミング送信向けのダウンリンクビームフォーミング行列を計算する。ビームフォーミング行列は、ビームステアリング行列又はプリコーディング行列とも呼ばれる。

【 0 0 5 7 】

ビームフォーミング行列計算機 5 2 は、上記の工程 9 2 で推定された S T A 固有の C S I に基づいて、ビームフォーミング行列を計算する。例示的な一実施形態において、ビームフォーミング行列計算機 5 2 は最初に、各行列  $H_{r, u}$  の転置行列を計算し、インデックス  $r$  の R U においてインデックス  $u$  の S T A の推定されたダウンリンク C S I を与えるそれぞれの行列  $H_{r, u, D L}$  を生成する。このプロセスは、インデックス  $r$  の R U において全ての S T A に対して繰り返される。インデックス  $r$  の R U における全ての S T A のダウンリンク C S I から、ビームフォーミング行列計算機 5 2 は、インデックス  $r$  の R U のビームフォーミング行列  $Q_{D L}$  を計算する。このプロセスは通常、インデックス  $r$  の R U のサブキャリアごとに繰り返された後に、全ての R U で繰り返される。

10

【 0 0 5 8 】

上記の説明において、ビームフォーミング行列計算機 5 2 は、インデックス  $r$  の R U における全ての S T A 2 8 のビームフォーミング行列を計算する。しかしながら代替実施形態において、ビームフォーミング行列計算機 5 2 は、ビームフォーミング行列計算の際に、インデックス  $r$  の R U の S T A のサブセットだけを含んでよい。任意の適切な基準が、S T A のサブセットの選択に用いられ得る。1 つの例において、ビームフォーミング行列計算機 5 2 は、予め定められた閾値を R S S I が下回る S T A の C S I を、ビームフォーミング行列計算から除外する。ビームフォーミングから除外された S T A に対して、一実施形態において、ビームフォーミング行列計算機 5 2 は、予め定められた代替の行列を用いてよい。

20

【 0 0 5 9 】

追加的に又は代替的に、一部の実施形態では、ビームフォーミング行列計算機 5 2 は 1 つ又は複数の R U をビームフォーミング行列計算から除外する。すなわち、R U のサブセットに関してだけビームフォーミング行列を計算する。

30

【 0 0 6 0 】

さらに追加的に又は代替的に、一部の実施形態では、ビームフォーミング行列計算機 5 2 は、A P アンテナ 3 2 に対する方向が同じような 2 つ (又はそれより多く) の S T A を識別する (例えば、これらの S T A は、A P 2 4 に対する予め定められた角度幅未満の区域に位置する)。ビームフォーミング行列計算機 5 2 は、識別されたこれらの S T A のビームフォーミング計算を、S T A ごとに個々に行う代わりに全部合わせて行う。

【 0 0 6 1 】

この段階では、ビームフォーミング行列計算機 5 2 は、選択された複数の S T A 2 8 へのダウンリンクチャネルのビームフォーミング行列を計算している。この計算はアップリンク C S I (これは、更にはアップリンクチャネルサウンディングパケット - N D P に基づいて推定された) に基づいているので、基本的な前提というのは、ダウンリンクチャネル応答及びアップリンクチャネル応答が、予め定められた何らかの許容範囲内で同じであるということである。しかしながら実際には、実際のダウンリンクチャネル応答及びアップリンクチャネル応答は、例えば、( A P 送受信機 3 6 内の ) A P 送信機回路と A P 受信機回路との間のチャネル応答の差異によって、互いに異なることがある。

40

【 0 0 6 2 】

一部の実施形態では、校正工程 1 0 0 において、A P プロセッサ 4 0 内のビームフォーミング校正器 6 0 が、アップリンクチャネル応答とダウンリンクチャネル応答との間のような差異を補償する校正をかける。通常、S T A の送信機と受信機との間の差異は、

50

ダウンリンクビームフォーミング行列に影響を与えないので、S T Aでは校正の必要がない。

【 0 0 6 3 】

一部の実施形態において、ビームフォーミング校正器 6 0 は、校正行列を計算する（又は他の方法で取得する）ことによって校正をかけて、校正行列とビームフォーミング行列  $Q_{DL}$  とを乗じる。校正は通常、サブキャリアごとに行われる。

【 0 0 6 4 】

様々な実施形態において、校正行列は様々な手段で計算することができる。典型的な校正プロセスでは、A P 2 4 は外部の装置、例えば、専用校正装置又は S T A と通信する。この通信では、A P 2 4 は、同じ無線チャネルに関するアップリンク C S I 及びダウンリンク C S I の両方取得する。ビームフォーミング校正器 6 0 は次に、アップリンク C S I とそれぞれのダウンリンク C S I との間の差異を評価することにより校正行列を計算する。そのようなプロセスでは、ダウンリンク応答とアップリンク応答との間の校正装置（S T A 又はそれ以外のもの）の差異は、校正に影響を与えない。さらに、任意の S T A とのその後の通信にも同じ校正が有効である。

10

【 0 0 6 5 】

例えば、一実施形態において、ビームフォーミング校正器 6 0 は、アップリンクとダウンリンクとの間の位相及び大きさの差異を送信/受信経路のペアごとに計算し、これらの差異を校正行列の計算に用いる。A P 2 4 により用いられ得る校正技術の例として、例えば、米国特許第 9, 3 1 9, 9 0 4 号、第 9, 4 4 4, 5 7 7 号、第 9, 9 1 0, 1 2 9 号、第 8, 7 7 4, 7 2 5 号、及び第 8, 8 7 8, 7 2 4 号が与えられ、これらの開示は参照により本明細書に組み込まれる。代替的に、任意の他の適切な校正技術が用いられ得る。

20

【 0 0 6 6 】

様々な実施形態において、ビームフォーミング校正器 6 0 は、サブキャリアごとに若しくはサブキャリアのグループごとに、R U ごとに若しくは R U のグループごとに、別個の校正行列を計算してもよく、又は全ての R U 及びサブキャリアに対して単一の校正行列を計算してもよい。一実施形態において、校正プロセスはオフラインで行われ、校正行列（又は複数の校正行列）は後で使用するために格納される。

30

【 0 0 6 7 】

ダウンリンク送信工程 1 0 2 では、A P 2 4 は、得られたビームフォーミング行列を用いて、選択された S T A にダウンリンクデータを同時に送信する。通常、A P プロセッサ 4 0 内のダウンリンク信号生成器 5 6 は、スケジューリングされた S T A に送信するためのデータを受信し、当該データを好適なダウンリンクデータパケットにフォーマットし、ビームフォーミング行列を用いてビームフォーミングされたダウンリンク信号を生成し、当該ダウンリンク信号を、アンテナ 3 2 を介して送信するために A P 送受信機 3 6 に送出する。

【 0 0 6 8 】

図 2 の方法は、単に概念の明確さのために示される例示的な方法である。代替実施形態において、A P プロセッサ 4 0 は、ダウンリンクビームフォーミングを実行する任意の他の適切な方法を用いてもよい。

40

【 0 0 6 9 】

一部の実施形態において、A P プロセッサ 4 0 は、時間の経過と共に発生するチャネル応答の変化を追跡するために、ビームフォーミング行列を周期的に計算するプロセスを繰り返す。例示的な一実施形態において、A P プロセッサ 4 0 は、チャネルの可干渉時間のオーダー、例えば、8 ~ 1 0 マイクロ秒のオーダーの間隔で、ビームフォーミング行列を再計算する。他の好適な時間間隔も、用いられ得る。

【 0 0 7 0 】

本明細書で説明される実施形態は主に、W L A N システムに取り組むものであるが、本明細書で説明される方法及びシステムは、他の用途にも、例えば、ロングタームエボリュ

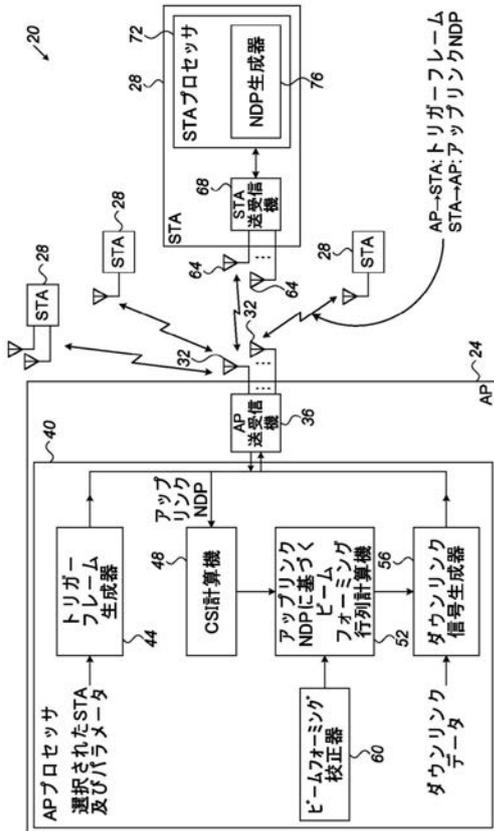
50

ーション (LTE) 及び第 5 世代 (5G) システムなどのセルラ方式通信システムにも用いられ得る。

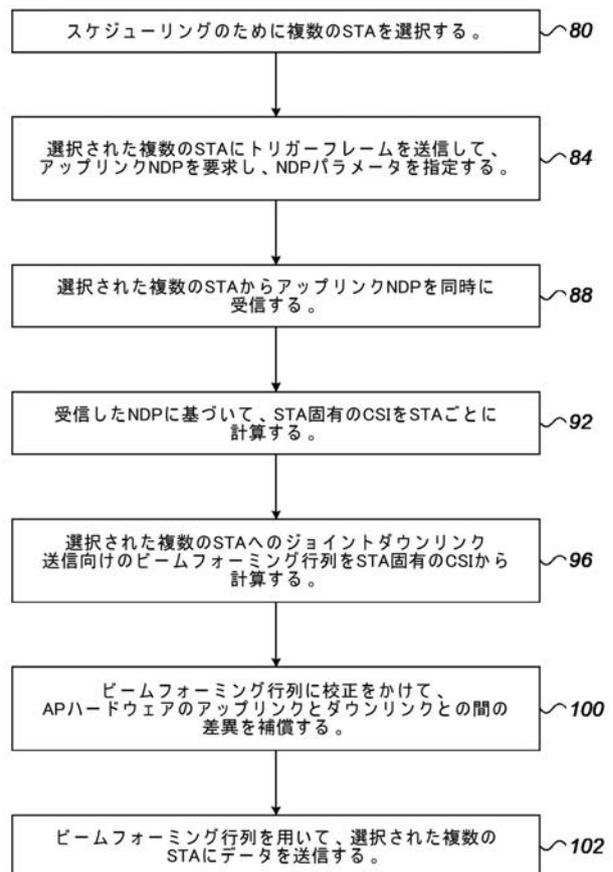
【0071】

上記で説明された実施形態は例として挙げられていること、また本発明は上記において具体的に示され説明されたものに限定されないことに留意されたい。むしろ、本発明の範囲は、上記において説明された様々な特徴の組み合わせ及びサブコンビネーションの両方、並びに前述の説明を読むと当業者が思いつく、先行技術に開示されていない、これらの変形例及び修正例を含む。参照により本特許出願に組み込まれる文書は、本願の不可欠な部分とみなされることになる。ただし、本明細書において明示的又は暗示的になされた定義と矛盾する形で、任意の用語がこれらの組み込まれた文書に定義されている限りにおいては、本明細書に含まれる定義だけが考慮されるべきである。

【図 1】



【図 2】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
**H 0 4 B 7/0456 (2017.01)** H 0 4 B 7/0456 1 0 0

(72)発明者 サドヒル スリニヴァサ  
 アメリカ合衆国、9 5 0 5 4 カリフォルニア州、サンタ クララ、マーベル レーン 5 4 8 8  
 マーベル セミコンダクター インコーポレイテッド内

(72)発明者 サヤク ロイ  
 アメリカ合衆国、9 5 0 5 4 カリフォルニア州、サンタ クララ、マーベル レーン 5 4 8 8  
 マーベル セミコンダクター インコーポレイテッド内

(72)発明者 ビー ハリ ラム  
 アメリカ合衆国、9 5 0 5 4 カリフォルニア州、サンタ クララ、マーベル レーン 5 4 8 8  
 マーベル セミコンダクター インコーポレイテッド内

Fターム(参考) 5K067 AA13 EE02 EE10 EE22 KK02 KK03

【外国語明細書】

2020043560000001.pdf