

(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2009-278543

(P2009-278543A)

(43) 公開日 平成21年11月26日(2009.11.26)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4W 28/18 (2009.01)	HO4Q 7/00 282	5K022
HO4W 16/28 (2009.01)	HO4Q 7/00 234	5K067
HO4W 84/12 (2009.01)	HO4Q 7/00 630	
HO4W 72/08 (2009.01)	HO4Q 7/00 554	
HO4J 99/00 (2009.01)	HO4J 15/00	
審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 18 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2008-129849 (P2008-129849)	(71) 出願人	000002185 ソニー株式会社 東京都港区港南1丁目7番1号
(22) 出願日	平成20年5月16日 (2008.5.16)	(74) 代理人	100095957 弁理士 亀谷 美明
		(74) 代理人	100096389 弁理士 金本 哲男
		(74) 代理人	100101557 弁理士 萩原 康司
		(72) 発明者	内田 薫規 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
		Fターム(参考)	5K022 AA00 DD01 DD13 DD19 DD21 DD31 FF00
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 無線通信装置、無線通信方法、プログラム、および無線通信システム

(57) 【要約】

【課題】無線通信装置、無線通信方法、プログラム、および無線通信システムを提供すること。

【解決手段】1または2以上の他の無線通信装置との間の各通信路の状況に応じた、前記他の無線通信装置の各々への送信データのレート情報を取得する取得部と、前記取得部により取得されたレート情報に基づいて前記他の無線通信装置のいずれかを対象通信装置に決定する決定部と、自装置から前記対象通信装置への通信路の伝達関数、および前記対象通信装置から自装置への通信路の伝達関数の差分を算出する算出部と、任意の他の無線通信装置から自装置への通信路の伝達関数、および前記算出部により算出された差分に基づいて送信データを信号処理する送信処理部と、を無線通信装置に設ける。

【選択図】図6

RDG/ More PPDU
AC Constraint
Reserved
NDP Announcement
CSI/ Steering
Reserved
Calibration Sequence
Calibration Position
Link Adaptation Control

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

1 または 2 以上の他の無線通信装置との間の各通信路の状況に応じた、前記他の無線通信装置の各々への送信データのレート情報を取得する取得部と；

前記取得部により取得されたレート情報に基づいて前記他の無線通信装置のいずれかを対象通信装置に決定する決定部と；

自装置から前記対象通信装置への通信路の伝達関数、および前記対象通信装置から自装置への通信路の伝達関数の差分を算出する算出部と；

任意の他の無線通信装置から自装置への通信路の伝達関数、および前記算出部により算出された差分に基づいて送信データまたは受信データを信号処理する信号処理部と；

を備える、無線通信装置。

10

【請求項 2】

前記決定部は、前記取得部により取得されたレート情報のうちで、所定値より高いデータレートを示すレート情報に対応する他の無線通信装置を前記対象通信装置として決定する、請求項 1 に記載の無線通信装置。

【請求項 3】

前記決定部は、前記取得部により取得されたレート情報のうちで、最も高いデータレートを示すレート情報に対応する他の無線通信装置を前記対象通信装置として決定する、請求項 1 に記載の無線通信装置。

【請求項 4】

前記取得部は、前記 1 または 2 以上の他の無線通信装置から送信されたレート情報を取得する、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の無線通信装置。

20

【請求項 5】

前記決定部は、さらに前記 1 または 2 以上の他の無線通信装置から受信された信号の SN 比に基づいて対象通信装置を決定する、請求項 4 に記載の無線通信装置。

【請求項 6】

前記決定部は、さらに複数の無線通信装置が無線ネットワークを形成するために送受信される管理情報に含まれる通信路情報に基づいて対象通信装置を決定する、請求項 4 に記載の無線通信装置。

【請求項 7】

送信データのデータ種別ごとに送信の優先度が設定されており、

前記伝達関数を取得するために送受信される情報には、前記データ種別ごとの優先度のうちで最も高い優先度が適用される、請求項 4 に記載の無線通信装置。

30

【請求項 8】

1 または 2 以上の他の無線通信装置との間の各通信路の状況に応じた、前記 1 または 2 以上の他の無線通信装置の各々への送信データのレート情報を取得するステップと；

取得したレート情報に基づいて対象通信装置を決定するステップと；

自装置から前記対象通信装置への通信路の伝達関数、および前記対象通信装置から自装置への通信路の伝達関数の差分を算出するステップと；

任意の他の無線通信装置から自装置への通信路の伝達関数、および前記差分に基づいて送信データまたは受信データを信号処理するステップと；

を含む、無線通信方法。

40

【請求項 9】

コンピュータを、

1 または 2 以上の他の無線通信装置との間の各通信路の状況に応じた、前記 1 または 2 以上の他の無線通信装置の各々への送信データのレート情報を取得する取得部と；

前記取得部により取得されたレート情報に基づいて対象通信装置を決定する決定部と；

自装置から前記対象通信装置への通信路の伝達関数、および前記対象通信装置から自装置への通信路の伝達関数の差分を算出する算出部と；

任意の他の無線通信装置から自装置への通信路の伝達関数、および前記算出部により算

50

出された差分に基づいて送信データまたは受信データを信号処理する信号処理部と；
として機能させるための、プログラム。

【請求項 10】

1 または 2 以上の第 1 の無線通信装置と；

前記第 1 の無線通信装置との間の各通信路の状況に応じた、前記第 1 の無線通信装置の各々への送信データのレート情報を取得する取得部、

前記取得部により取得されたレート情報に基づいて前記第 1 の無線通信装置のいずれかを対象通信装置に決定する決定部、

自装置から前記対象通信装置への通信路の伝達関数、および前記対象通信装置から自装置への通信路の伝達関数の差分を算出する算出部、

任意の他の無線通信装置から自装置への通信路の伝達関数、および前記算出部により算出された差分に基づいて送信データまたは受信データを信号処理する信号処理部、

を有する第 2 の無線通信装置と；

を備える、無線通信システム。

10

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線通信装置、無線通信方法、プログラム、および無線通信システムに関する。

【背景技術】

【0002】

近日、高速無線通信を実現するための IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) 802.11n が検討されている。かかる IEEE 802.11n においては、複数のアンテナ間で無線信号を送受信する MIMO (Multiple Input Multiple Output) や、送受信効率を高めるビームフォーミング技術が提案されている。

30

【0003】

ビームフォーミング技術としては、受信先から明示的に提供されたステアリングベクトルを利用する explicit 方式と、通信チャネルの可逆性を利用して受信信号からステアリングベクトルを生成する implicit 方式があげられる。implicit 方式は、explicit 方式と異なり、ステアリングベクトルを受信先から受信する必要が無い場合、オーバーヘッドが少ないという利点を有する。

40

【0004】

ただし、受信信号から生成したステアリングベクトルは、RF 誤差の影響により、必ずしも explicit 方式で得られるステアリングベクトルほど正確でない。このため、IEEE 802.11n においては、implicit 方式の精度を高めるためのペアワイズキャリブレーションが定義されている。ペアワイズキャリブレーションによれば、受信先と送信元の双方がパケット交換によりチャネル行列を取得し、当該チャネル行列の差分をキャリブレーション係数として算出し、キャリブレーション係数に基づいて高い精度のステアリングベクトルを算出することができる（この補正は送信側ならびに受信側のどちらでも行うことができるが、本明細書においては送信側で補正を行う実施例を中心に説

50

明する。)。

【 0 0 0 5 】

また、ペアワイズキャリブレーションは、周囲の任意の無線通信装置と行なうことが可能である。このため、複数の無線通信装置とペアワイズキャリブレーションを行い、算出された複数のキャリブレーション係数から精度が高いキャリブレーション係数を選択する方法も考えられる。

【 0 0 0 6 】

【非特許文献1】「IEEE 802.11n」 The 802.11n Working Group of the 802 Committee

【発明の開示】

10

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

しかし、上記方法では、キャリブレーション係数を選択するまでに複数の無線通信装置とペアワイズキャリブレーションを行なうため、相応の時間を消費し、非効率であるという問題があった。また、受信信号のSN比が高い通信相手と選択的にペアワイズキャリブレーションを行うことにより、高い精度のキャリブレーション係数が得られると考えられるが、高品質な受信SN比の推定には、回路構成の複雑化や回路規模の増大が予想された。

【 0 0 0 8 】

そこで、本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、本発明の目的とするところは、より簡易的にキャリブレーションの対象通信装置を決定することが可能な、新規かつ改良された無線通信装置、無線通信方法、プログラム、および無線通信システムを提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

上記課題を解決するために、本発明のある観点によれば、1または2以上の他の無線通信装置との間の各通信路の状況に応じた、前記他の無線通信装置の各々への送信データのレート情報を取得する取得部と、前記取得部により取得されたレート情報に基づいて前記他の無線通信装置のいずれかを対象通信装置に決定する決定部と、自装置から前記対象通信装置への通信路の伝達関数、および前記対象通信装置から自装置への通信路の伝達関数の差分を算出する算出部と、任意の他の無線通信装置から自装置への通信路の伝達関数、および前記算出部により算出された差分に基づいて送信データまたは受信データを信号処理する信号処理部と、を備える無線通信装置が提供される。

30

【 0 0 1 0 】

前記決定部は、前記取得部により取得されたレート情報のうちで、所定値より高いデータレートを示すレート情報に対応する他の無線通信装置を前記対象通信装置として決定してもよい。

【 0 0 1 1 】

前記決定部は、前記取得部により取得されたレート情報のうちで、最も高いデータレートを示すレート情報に対応する他の無線通信装置を前記対象通信装置として決定してもよい。

40

【 0 0 1 2 】

前記取得部は、前記1または2以上の他の無線通信装置から送信されたレート情報を取得してもよい。

【 0 0 1 3 】

前記決定部は、さらに前記1または2以上の他の無線通信装置から受信された信号のSN比に基づいて対象通信装置を決定してもよい。

【 0 0 1 4 】

前記決定部は、さらに複数の無線通信装置が無線ネットワークを形成するために送受信される管理情報に含まれる通信路情報に基づいて対象通信装置を決定してもよい。

50

【 0 0 1 5 】

送信データのデータ種別ごとに送信の優先度が設定されており、前記伝達関数を取得するために送受信される情報には、前記データ種別ごとの優先度のうちで最も高い優先度が適用されてもよい。

【 0 0 1 6 】

また、上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、1または2以上の他の無線通信装置との間の各通信路の状況に応じた、前記1または2以上の他の無線通信装置の各々への送信データのレート情報を取得するステップと、取得したレート情報に基づいて対象通信装置を決定するステップと、自装置から前記対象通信装置への通信路の伝達関数、および前記対象通信装置から自装置への通信路の伝達関数の差分を算出するステップと、任意の他の無線通信装置から自装置への通信路の伝達関数、および前記差分に基づいて送信データまたは受信データを信号処理するステップと、を含む無線通信方法が提供される。

10

【 0 0 1 7 】

また、上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、コンピュータを、1または2以上の他の無線通信装置との間の各通信路の状況に応じた、前記1または2以上の他の無線通信装置の各々への送信データのレート情報を取得する取得部と、前記取得部により取得されたレート情報に基づいて対象通信装置を決定する決定部と、自装置から前記対象通信装置への通信路の伝達関数、および前記対象通信装置から自装置への通信路の伝達関数の差分を算出する算出部と、任意の他の無線通信装置から自装置への通信路の伝達関数、および前記算出部により算出された差分に基づいて送信データまたは受信データを信号処理する信号処理部と、として機能させるためのプログラムが提供される。

20

【 0 0 1 8 】

また、上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、1または2以上の第1の無線通信装置と、前記第1の無線通信装置との間の各通信路の状況に応じた、前記第1の無線通信装置の各々への送信データのレート情報を取得する取得部、前記取得部により取得されたレート情報に基づいて前記第1の無線通信装置のいずれかを対象通信装置に決定する決定部、自装置から前記対象通信装置への通信路の伝達関数、および前記対象通信装置から自装置への通信路の伝達関数の差分に基づいて送信データまたは受信データを信号処理する信号処理部、を有する第2の無線通信装置と、を備える無線通信システムが提供される。

30

【 発明の効果 】

【 0 0 1 9 】

以上説明したように本発明にかかる無線通信装置、無線通信方法、プログラム、および無線通信システムによれば、より簡易的にキャリアレーションの対象通信装置を決定することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 0 】

以下に添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

40

【 0 0 2 1 】

また、以下に示す項目順序に従って当該「発明を実施するための最良の形態」を説明する。

〔 1 〕 本実施形態の概要

（本実施形態にかかる無線通信システムの構成）

（MIMOおよびビームフォーミング）

（ペアワイズキャリアレーション）

（本実施形態に至る経緯）

〔 2 〕 本実施形態にかかる無線通信装置の構成

50

〔 3 〕本実施形態にかかる無線通信方法

〔 4 〕補足

〔 5 〕まとめ

【 0 0 2 2 】

〔 1 〕本実施形態の概要

（本実施形態にかかる無線通信システムの構成）

まず、図 1 を参照し、本実施形態にかかる無線通信システム 1 について概略的に説明する。

【 0 0 2 3 】

図 1 は、本実施形態にかかる無線通信システム 1 の構成を示した説明図である。図 1 に示したように、当該無線通信システム 1 は、相互に通信可能な複数の無線通信装置 1 0 A ~ 1 0 C を含む B S S (B a s i c S e r v i c e S e t) である。なお、以下では、無線通信装置 1 0 A ~ 1 0 C を特に区別する必要が無い場合、単に無線通信装置 1 0 と総称する。また、各無線通信装置 1 0 が例えば I E E E 8 0 2 . 1 1 n に規定される無線 L A N (L o c a l A r e a N e t w o r k) 方式により相互に無線通信を行う例を説明する。

10

【 0 0 2 4 】

また、図 1 においては、無線通信装置 1 0 A および 1 0 B の方が、無線通信装置 1 0 A および 1 0 C より近接しているため、無線通信装置 1 0 A および 1 0 B 間で送受信される無線信号の S N 比の方が高いことを示している。

20

【 0 0 2 5 】

なお、図 1 においては通信装置を模式的に丸印で示しているが、通信装置は、例えば、通信装置は、P C (P e r s o n a l C o m p u t e r)、家庭用映像処理装置 (D V D レコーダ、ビデオデッキなど)、携帯電話、P H S (P e r s o n a l H a n d y p h o n e S y s t e m)、携帯用音楽再生装置、携帯用映像処理装置、P D A (P e r s o n a l D i g i t a l A s s i s t a n t s)、家庭用ゲーム機器、携帯用ゲーム機器、家電機器などの情報処理装置であってもよい。

【 0 0 2 6 】

このような無線通信装置 1 0 は、I E E E 8 0 2 . 1 1 n に規定される M I M O 通信を行うことができる。以下、M I M O 通信および M I M O 通信の効率を高めるビームフォーミングについて説明する。

30

【 0 0 2 7 】

（M I M O およびビームフォーミング）

図 2 は、M I M O 通信の概要を示した説明図である。無線通信装置 1 0 A のアンテナ 1 2 A から送信された信号を x_1 、アンテナ 1 2 B から送信された信号を x_2 、無線通信装置 1 0 B のアンテナ 1 2 C が受信した信号を y_1 、1 2 D が受信した信号を y_2 とする。また、アンテナ 1 2 A およびアンテナ 1 2 C 間の伝送路の特性を h_{11} 、アンテナ 1 2 A およびアンテナ 1 2 C 間の伝送路の特性を h_{12} 、アンテナ 1 2 B およびアンテナ 1 2 C 間の伝送路の特性を h_{21} 、アンテナ 1 2 B およびアンテナ 1 2 D 間の伝送路の特性を h_{22} とする。この場合、無線通信装置 1 0 A から送信された信号と、無線通信装置 1 0 B が受信した信号の関係は、以下の数式 1 のように表すことができる。

40

【 0 0 2 8 】

【数 1】

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{21} \\ h_{12} & h_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} \quad (\text{数式 1})$$

【 0 0 2 9 】

本明細書においては、数式 1 の右辺の第 1 項を、チャネル行列 H (伝達関数) と称する場合がある。かかるチャネル行列 H は、無線通信装置 1 0 B が x_1 および x_2 を送信する前に既知の信号を送信することにより無線通信装置 1 0 A において求めることが可能であ

50

る。

【 0 0 3 0 】

無線通信装置 1 0 B は、チャネル行列 H の逆行列を利用してアンテナ 1 2 A から送信された信号を x_1 と、アンテナ 1 2 B から送信された信号を x_2 と推定することができる。このように、MIMO 通信は、利用する周波数帯域を広げることなくアンテナ数に比例して伝送速度を向上させることができる点で効果的である。なお、図 2 においては無線通信装置 1 0 A および 1 0 B が各々アンテナを 2 本備える例を示したが、無線通信装置 1 0 A および 1 0 B は 3 本以上の多数のアンテナを備えていてもよい。

【 0 0 3 1 】

しかし、チャネル行列 H の対角成分の成分は、信号分離の際にノイズとなり（クロストーク）、ストリーム SNR を下げる要因となる。そこで、クロストークを抑制するために、ビームフォーミング（固有モード SDM : Space Division Multiplexing）が提案されている。

【 0 0 3 2 】

ビームフォーミングによれば、無線通信装置 1 0 A が信号 x_1 および x_2 をあるステアリングベクトル V （重み行列）と乗算して送信し、無線通信装置 1 0 B が受信側重み行列 U を利用することによりクロストーク成分を抑制することができる。ステアリングベクトル V （ v を成分に有する行列）、受信側重み行列 U （ u を成分に有する行列）は、以下の数式 2 に示す性質を有する行列である。なお、例えば数式 2 における D_1 をストリーム 1 の SN 比と、 D_2 をストリームの SN 比と評価することもできる。なお、例えば数式 2 における D_1 をストリーム 1 の SN 比と、 D_2 をストリームの SN 比と評価することもできる。

【 0 0 3 3 】

【 数 2 】

$$\begin{pmatrix} h_{11} & h_{21} \\ h_{12} & h_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u_{11} & u_{21} \\ u_{12} & u_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D_1 & 0 \\ 0 & D_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_{11} & v_{21} \\ v_{12} & v_{22} \end{pmatrix}^H$$

（数式 2 - 1）

ここで、 U と V は、 $U U^H = V V^H = I$ （単位行列）を満たす行列である。送信側で信号 x_1 および x_2 をステアリングベクトル V で乗算し、受信側で受信側重み行列 U^H を乗算して受信すると、（数式 2 - 2）のような信号成分が得られる。

【 0 0 3 4 】

【 数 3 】

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} u_{11} & u_{21} \\ u_{12} & u_{22} \end{pmatrix}^H \begin{pmatrix} h_{11} & h_{21} \\ h_{12} & h_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_{11} & v_{21} \\ v_{12} & v_{22} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} u_{11} & u_{21} \\ u_{12} & u_{22} \end{pmatrix}^H \begin{pmatrix} u_{11} & u_{21} \\ u_{12} & u_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D_1 & 0 \\ 0 & D_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_{11} & v_{21} \\ v_{12} & v_{22} \end{pmatrix}^H \begin{pmatrix} v_{11} & v_{21} \\ v_{12} & v_{22} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} D_1 & 0 \\ 0 & D_2 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

（数式 2 - 2）

【 0 0 3 5 】

無線通信装置 1 0 A がこのようなステアリングベクトル V を取得する方式は、explicit 方式と、implicit 方式に大別される。explicit 方式においては、まず、無線通信装置 1 0 A が規定の信号を無線通信装置 1 0 B に送信する。そして、無線通信装置 1 0 B が受信信号に基づいて無線通信装置 1 0 A から無線通信装置 1 0 B への

通信チャネルのチャネル行列 $H(A, B)$ 、およびステアリングベクトル V を算出し、無線通信装置 10A にステアリングベクトル V を明示的に送信する方式である。当該 *explicit* 方式によれば、無線通信装置 10A から無線通信装置 10B へのチャネル行列 $H(A, B)$ に基づくステアリングベクトル V を無線通信装置 10A が明示的に取得できるが、ステアリングベクトル V の送信がオーバーヘッドを増加させる。

【0036】

一方、*implicit* 方式は、無線通信装置 10A が、受信側である無線通信装置 10B から受信した信号に基づき、無線通信装置 10B から無線通信装置 10A への通信チャネルのチャネル行列 $H(B, A)$ を推定し、ステアリングベクトル V を算出する方式である。当該方式は、チャネル行列 $H(A, B)$ とチャネル行列 $H(B, A)$ の間に可逆性があることを利用する方式である。しかし、上記の *implicit* 方式により算出されるチャネル行列 H は、RF 誤差の影響などにより、必ずしも *explicit* 方式で得られるチャネル行列 H ほど正確でない。

10

【0037】

このため、IEEE 802.11n においては、*implicit* 方式の精度を高めるためのペアワイズキャリブレーションが定義されている。以下、図3を参照してペアワイズキャリブレーションについて説明する。

【0038】

(ペアワイズキャリブレーション)

図3は、ペアワイズキャリブレーションの一連のシーケンスを示した説明図である。図3に示したように、まず、無線通信装置 10A は、ペアワイズキャリブレーションを開始することを示すスタートパケット 32 を送信する。無線通信装置 10B は、スタートパケット 32 を受信すると、既定のパイロットパケット 34 を送信する。そして、無線通信装置 10A は、無線通信装置 10B から受信したパイロットパケット 34 に基づき、無線通信装置 10B から無線通信装置 10A への通信チャネルのチャネル行列 $H(B, A)$ を推定する。さらに、無線通信装置 10A は、既定のパイロットパケット 36 を無線通信装置 10B へ送信する。

20

【0039】

無線通信装置 10B は、既定のパイロットパケット 36 を受信すると、受信確認を示す ACK 38 を送信する。さらに、無線通信装置 10B は、無線通信装置 10A から受信したパイロットパケット 36 に基づき、無線通信装置 10A から無線通信装置 10B への通信チャネルのチャネル行列 $H(A, B)$ を推定する。

30

【0040】

その後、無線通信装置 10B は、推定したチャネル行列 $H(A, B)$ を CSI (channel state information) 40 として送信する。無線通信装置 10A は、CSI 40 を受信すると、受信確認を示す ACK 42 を送信する。さらに、無線通信装置 10A は、チャネル行列 $H(B, A)$ と無線通信装置 10B から受信したチャネル行列 $H(A, B)$ の差分を演算し、当該差分をキャリブレーション係数として保持する。したがって、以降、無線通信装置 10A は、受信した信号からチャネル行列 $H(B, A)$ を推定し、キャリブレーション係数によりチャネル行列 $H(A, B)$ を推定し、推定したチャネル行列 $H(A, B)$ から精度の高いステアリングベクトル V を算出することができる。

40

【0041】

なお、IEEE 802.11n においては、当該ペアワイズキャリブレーションの一連のシーケンスの最長処理時間 (Max Delay) として 250ms が定義されている。

【0042】

(本実施形態に至る経緯)

ここで、実際には、数式3に示すように、無線通信装置 10B により受信される信号にはノイズ成分 n が重畳される。

【0043】

50

【数 4】

$$\begin{pmatrix} y1 \\ y2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h11 & h21 \\ h12 & h22 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x1 \\ x2 \end{pmatrix} + n \quad (\text{数式 3})$$

【 0 0 4 4 】

数式 3 に示したように、無線通信装置 10 B がチャネル行列 H (A B) を推定する際、ノイズ成分 n の影響を受けるため、ノイズ成分 n が小さいほど、精度が高いチャネル行列 H (A B) を推定することができる。したがって、無線通信装置 10 A のペアワイズキャリアレーションを行なう対象通信装置は、SN 比が良好な無線通信装置 10 であることが望まれる。 10

【 0 0 4 5 】

そこで、上記事情を一着眼点にして本実施形態にかかる無線通信装置 10 を創作するに至った。本実施形態にかかる無線通信装置 10 によれば、より簡易的にペアワイズキャリアレーションの対象通信装置を決定することができる。以下、このような無線通信装置 10 について図 4 ~ 図 9 を参照して詳細に説明する。

【 0 0 4 6 】

〔 2 〕本実施形態にかかる無線通信装置の構成

図 4 は、本実施形態にかかる無線通信装置 10 A の構成を示した機能ブロック図である。図 4 に示したように、無線通信装置 10 A は、アンテナ 12 A および 12 B と、送受信部 110 と、通信制御部 120 と、決定部 130 と、チャネル行列推定部 140 と、キャリアレーション係数算出部 150 と、ステアリングベクトル算出部 160 と、ビームフォーマ 170 と、を備える。 20

【 0 0 4 7 】

送受信部 110 は、送信データを無線信号としてアンテナ 12 から送信するための信号処理、およびアンテナ 12 により受信された無線信号を復号するための信号処理を行う。例えば、送受信部 110 は、ビームフォーマ 170 によりビームフォーミングされた送信データを OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 信号に変換し、アンテナ 12 A および 12 B から送信させる。また、送受信部 110 は、通信制御部 120 による制御に基づき、ペアワイズキャリアレーションを行なうためのスタートパケット、パイロットパケット、ACK、および CSI などの信号処理を行う。また、送受信部 110 は、後述の MFB に記載された MCS を信号処理により取得する取得部としての機能を有する。 30

【 0 0 4 8 】

通信制御部 120 は、無線通信装置 10 A の動作全般を制御する。例えば、通信制御部 120 は、ペアワイズキャリアレーションを行なうために、スタートパケット、パイロットパケット、ACK、および CSI などの信号処理を送受信部 110 に指示する。また、詳細については「〔 4 〕補足」において説明するが、通信制御部 120 は、バックオフ係数に基づくアクセス権の取得を行なう。ここで、ペアワイズキャリアレーションにおいて送受信されるパケット構成例について図 5 ~ 図 8 を参照して説明する。 40

【 0 0 4 9 】

図 5 は、MAC ヘッダの構成例を示した説明図である。図 6 は、MAC ヘッダ中の HT Control の構成例を示した説明図である。図 5 に示したように、MAC ヘッダは、Frame Control、Duration / ID、Address 1 ~ 3、Sequence Control、Address 4、QoS Control、および HT Control を含み、Frame Body および FCS が付加されている。

【 0 0 5 0 】

また、図 6 に示したように、HT Control は、Link Adaptation Control、Calibration Position、Calibration Sequence、Reserved、CSI / Steering、NDP Announc 50

ement、Reserved、ACConstraint、およびRDG/MoreP
PDUを含む。

【0051】

ここで、CalibrationPositionには、ペアワイズキャリブレーションにおけるいずれの役割(パケット位置)を有するパケットであるかが記載される。例えば、CalibrationPositionとして、スタートパケットには「1」、受信側からのパイロットパケットには「2」、送信側からのパイロットパケットには「3」が記載されてもよい。また、CalibrationSequenceには、ペアワイズキャリブレーションのシー件数を管理するための情報が記載される。例えば、図3に示したCSI40のCalibrationSequenceには、スタートパケット32~ACK38までと同一の値が記載される。

10

【0052】

また、LinkAdaptationControlは、レート制御を行なうために設けられているフィールドである。以下、図7および図8を参照してLinkAdaptationControlの構成例について説明する。

【0053】

図7は、HTControlに含まれるLinkAdaptationControlの構成例を示した説明図である。図8は、LinkAdaptationControlに含まれるMAIの構成例を示した説明図である。図7に示したように、LinkAdaptationControlは、Reserved、TRQ、MAI、MFSI、およびMFB/ASELCを含む。また、図8に示したように、MAIは、MRQおよびMSIを含む。

20

【0054】

MRQは、MCS(Modulation and Coding Scheme)と呼ばれるレート情報のフィードバックを通信相手に要求するためのフィールドである。例えば、通信相手にレート情報のフィードバックを要求する場合、無線通信装置10AはMCSに「1」が記載されたMACヘッダを送信する。

【0055】

また、LinkAdaptationControlに含まれるMFBには、MRQによりMCSのフィードバックが要求されている場合に、MCS(推奨される送信データのレート)が記載される。無線通信装置10Aは、MACヘッダを受信した場合、MRQを参照し、MAQに記載されているMCSに基づいて以降に送信するデータのレートを決定する。

30

【0056】

ここで、MCSの示すレートは、通信相手との間で送受信される信号のSN比と相関が高いと予想される。例えば、SN比が高い場合、品質を維持して高レートでの通信を行うことが可能であるため、MCSには高レートが記載されると考えられる。一方、SN比が低い場合、低レートでなくては通信品質を維持することが困難であるため、MCSには低レートが記載されると考えられる。また、「(本実施形態に至る経緯)」において説明したように、ペアワイズキャリブレーションを行なう対象通信装置は、SN比が良好であることが望まれる。

40

【0057】

そこで、決定部130は、MRQに記載されているMCSの内容に基づいてペアワイズキャリブレーションを行なう対象通信装置を決定してもよい。例えば、決定部130は、MRQに記載されているMCSが所定値以上のレートを示す場合、当該MRQを含むMACヘッダの送信元装置を対象通信装置に決定してもよい。かかる構成により、対象通信装置におけるチャネル行列Hの推定にノイズ成分が与える影響を抑制し、精度が担保されたチャネル行列Hが得られる。

【0058】

また、決定部130は、周囲の無線通信装置から受信したMFBのうちで、最も高いデ

50

ータレートを示すMCSが記載されているMAQの送信元装置を対象通信装置に決定してもよい。かかる構成により、現時点で得ることが可能なチャンネル行列Hのうちで最も高精度なチャンネル行列Hが得られる。なお、以下では無線通信装置10Bが対象通信装置に決定された場合について説明する。

【0059】

チャンネル行列推定部140は、対象通信装置である無線通信装置10Bから送信されたパイロットパケットに基づき、無線通信装置10Bから無線通信装置10Aへの通信チャンネルのチャンネル行列H(BA)を推定する。また、チャンネル行列推定部140は、以降の他の無線通信装置との通信時においても他の無線通信装置から送信された信号に基づき、他の無線通信装置から無線通信装置10Aへの通信チャンネルのチャンネル行列H(*A)を推定する。

10

【0060】

キャリブレーション係数算出部150は、無線通信装置10Bから送信されたCSIに含まれる無線通信装置10Aから無線通信装置10Bへの通信チャンネルのチャンネル行列H(AB)が入力される。また、キャリブレーション係数算出部150は、チャンネル行列推定部140により推定されたチャンネル行列H(BA)が入力される。キャリブレーション係数算出部150は、入力されたチャンネル行列H(AB)およびチャンネル行列H(BA)の差分を、キャリブレーション係数として算出する算出部としての機能を有する。また、キャリブレーション係数算出部150は算出したキャリブレーション係数算出部150を保持する。

20

【0061】

ステアリングベクトル算出部160は、チャンネル行列推定部140により推定されたチャンネル行列H(*A)と、キャリブレーション係数算出部150により算出されたキャリブレーション係数とに基づき、ステアリングベクトルVを算出する。ここで、キャリブレーション係数は、通信チャンネルの品質が良好であると推定される対象通信装置との間で取得されたため、精度の高さが担保されている。

【0062】

ビームフォーマ170は、ステアリングベクトル算出部160により算出されたステアリングベクトルVを、他の無線通信装置宛の送信データに乗算することによりビームフォーミングを行なう信号処理部としての機能を有する。かかるビームフォーミングにより、MIMO通信における伝送効率の向上を図ることができる。

30

【0063】

〔3〕本実施形態にかかる無線通信方法

次に、図9を参照し、本実施形態にかかる無線通信方法の流れを説明する。

【0064】

図9は、本実施形態にかかる無線通信方法の流れを示したシーケンス図である。図9に示したように、まず、MRQにMCSを要求する旨記載されたスタートパケットを無線通信装置10Aが送信する(S204)。そして、無線通信装置10Bは、スタートパケットに含まれるMRQの記載に基づき、MFBにMCSが記載されたパイロットパケットを送信する(S208)。なお、無線通信装置10Bは、無線通信装置10Aから受信した信号のSN比、パケット誤り率などに応じたMCSをMFBに記載してもよい。

40

【0065】

無線通信装置10Aは、無線通信装置10Bから送信されたパイロットパケットに含まれるMFBの記載に基づき、無線通信装置10Bとの間のチャンネル品質(リンク品質)を推定する(S212)。そして、無線通信装置10Bがペアワイズキャリブレーションの対象通信装置として適切であるか否かを決定部130が判断する(S216)。ここで、無線通信装置10Bがペアワイズキャリブレーションの対象通信装置として適切でないと決定部130により判断された場合、無線通信装置10Aは他の無線通信装置にスタートパケットを送信する(S220)。

【0066】

50

一方、無線通信装置 10 B がペアワイズキャリブレーションの対象通信装置として適切であると決定部 130 により判断された場合、無線通信装置 10 A は無線通信装置 10 B にパイロットパケットを送信する (S 224)。なお、MCS を要求するために MRQ が利用され、MCS の通知に MFB が利用されるが、MRQ および MFB は、HTC ont r o l に含まれる既存のフィールドであるため、オーバーヘッドが増加することはない。

【0067】

無線通信装置 10 B は、無線通信装置 10 A からパイロットパケットを受信すると、ACK を返信し (S 228)、当該パイロットパケットに基づき、無線通信装置 10 A から無線通信装置 10 B への通信チャネルのチャネル行列 $H(A B)$ を推定する (S 236)。また、無線通信装置 10 A のチャネル行列推定部 140 も、S 208 において無線通信装置 10 B から受信したパイロットパケットに基づき、無線通信装置 10 B から無線通信装置 10 A への通信チャネルのチャネル行列 $H(B A)$ を推定する (S 236)。

10

【0068】

続いて、無線通信装置 10 B は、推定したチャネル行列 $H(A B)$ を含む CSI を送信し (S 240)、無線通信装置 10 A は、当該 CSI を受信すると ACK を返信する (S 244)。そして、無線通信装置 10 A のキャリブレーション係数算出部 150 は、推定したチャネル行列 $H(B A)$ と、受信したチャネル行列 $H(A B)$ の差分をキャリブレーション係数として算出し、保持する (S 248)。

【0069】

その後、無線通信装置 10 A が他の無線通信装置と通信する際、ステアリングベクトル算出部 160 が、他の無線通信装置から無線通信装置 10 A の通信チャネルのチャネル行列 ($*A$) とキャリブレーション係数に基づいてステアリングベクトル V を算出する。さらに、ビームフォーマ 170 が、ステアリングベクトル算出部 160 により算出されたステアリングベクトル V を送信データに乗算することによりビームフォーミングを行なう (S 252)。

20

【0070】

また、上記では送信側でキャリブレーション係数を利用した補正を行なう例を説明したが、図 10 に示すように、受信側でキャリブレーション係数を利用した補正を行なってもよい。

【0071】

図 10 は、本実施形態にかかる無線通信方法の他の例を示したシーケンス図である。図 10 に示したように、まず、MRQ に MCS を要求する旨記載されたスタートパケットを無線通信装置 10 A が送信する (S 304)。そして、無線通信装置 10 B は、スタートパケットに含まれる MRQ の記載に基づき、MFB に MCS が記載されたパイロットパケットを送信する (S 308)。

30

【0072】

無線通信装置 10 A は、無線通信装置 10 B から送信されたパイロットパケットに含まれる MFB の記載に基づき、無線通信装置 10 B との間のチャネル品質 (リンク品質) を推定する (S 312)。そして、無線通信装置 10 B がペアワイズキャリブレーションの対象通信装置として適切であるか否かを決定部 130 が判断する (S 316)。ここで、無線通信装置 10 B がペアワイズキャリブレーションの対象通信装置として適切でないと決定部 130 により判断された場合、無線通信装置 10 A は他の無線通信装置にスタートパケットを送信する (S 320)。

40

【0073】

一方、無線通信装置 10 B がペアワイズキャリブレーションの対象通信装置として適切であると決定部 130 により判断された場合、無線通信装置 10 A は無線通信装置 10 B にパイロットパケットを送信する (S 324)。なお、MCS を要求するために MRQ が利用され、MCS の通知に MFB が利用されるが、MRQ および MFB は、HTC ont r o l に含まれる既存のフィールドであるため、オーバーヘッドが増加することはない。

【0074】

50

無線通信装置 10 B は、無線通信装置 10 A からパイロットパケットを受信すると、ACK を返信し (S 3 2 8)、当該パイロットパケットに基づき、無線通信装置 10 A から無線通信装置 10 B への通信チャネルのチャネル行列 H (A B) を推定する (S 3 3 6)。また、無線通信装置 10 A のチャネル行列推定部 1 4 0 も、S 3 0 8 において無線通信装置 10 B から受信したパイロットパケットに基づき、無線通信装置 10 B から無線通信装置 10 A への通信チャネルのチャネル行列 H (B A) を推定する (S 3 3 6)。

【0075】

続いて、無線通信装置 10 B は、推定したチャネル行列 H (A B) を含む CSI を送信し (S 3 4 0)、無線通信装置 10 A は、当該 CSI を受信すると ACK を返信する (S 3 4 4)。そして、無線通信装置 10 A のキャリブレーション係数算出部 1 5 0 は、推定したチャネル行列 H (B A) と、受信したチャネル行列 H (A B) の差分をキャリブレーション係数として算出し、保持する (S 3 4 8)。

10

【0076】

その後、無線通信装置 10 A が、例えば無線通信装置 10 B から、キャリブレーション係数を利用したビームフォーミングが施されていないデータを受信したとする (S 3 5 0)。すると、無線通信装置 10 A の信号処理部として機能する復調部が、キャリブレーション係数を利用して無線通信装置 10 B からの受信データを復調する (S 3 5 2)。すなわち、無線通信装置 10 A の復調部は、無線通信装置 10 B から無線通信装置 10 A へのチャネル行列 H (B A) から推定される受信側重み行列 U をキャリブレーション係数により補正し、補正された受信側重み行列 U と受信データを乗算してもよい。かかる構成により、送信側でキャリブレーション係数を利用したビームフォーミングが行なわれなかった場合であっても、高い精度での復調を実現することができる。

20

【0077】

〔4〕補足

なお、図 9 においては、無線通信装置 10 A がスタートパケットにおいて要求した MCS を無線通信装置 10 B が即時応答する例を示したが、本発明はかかる例に限定されない。例えば、無線通信装置 10 B の計算能力により MCS のフィードバックが遅延した場合であっても、無線通信装置 10 A は遅延してフィードバックされた MCS に基づいて無線通信装置 10 B の対象通信装置としての適否を判断することができる。

30

【0078】

また、無線通信装置 10 A の送受信部 1 1 0 は、受信信号の SN 比を測定する機能を有してもよい。かかる構成によれば、決定部 1 3 0 は、送受信部 1 1 0 において測定された SN 比に基づき、または SN 比および MCS の双方に基づき無線通信装置 10 B の対象通信装置としての適否を判断することができる。

【0079】

また、無線通信装置 10 は無線ネットワークを形成するためにビーコン (管理情報) を周期的に送受信しており、決定部 1 3 0 は、他の無線通信装置から受信したビーコンに記載されている通信路の情報に基づいて対象通信装置を決定してもよい。

【0080】

また、ペアワイズキャリブレーションに関するパケットについては、現状、IEEE 802.11e で定義されるアクセスカテゴリ (AC_VO、AC_VI、AC_BE、AC_BK) への分類がされていない。しかし、キャリブレーション係数の早期取得は重要であるため、通信制御部 1 2 0 は、ペアワイズキャリブレーションに関するパケットについて、バックオフ係数が少ない AC_VO (高優先度) を割当ててもよい。

40

【0081】

〔5〕まとめ

以上説明したように、本実施形態にかかる無線通信装置 10 によれば、他の無線通信装置から受信した MCS (推奨される送信データのレート情報) に基づき、他の無線通信装置がペアワイズキャリブレーションの対象通信装置として適切であるか否かを判断できる。また、無線通信装置 10 は、他の無線通信装置が対象通信装置として適切でない判断

50

した場合、他の無線通信装置からの応答を待つことなく次のペアワイズキャリブレーションを開始することができるため、高精度のキャリブレーション係数の取得の迅速化を図ることができる。さらに、MCSが記載されるMFBは、HTControlに含まれる既存のフィールドであるため、オーバーヘッドが増加することはない。

【0082】

すなわち、本実施形態によれば、オーバーヘッドを増加させることなく、迅速かつ簡易的に、ペアワイズキャリブレーションにおいて高精度なキャリブレーション係数を取得することが可能である。

【0083】

なお、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は係る例に限定されないことは言うまでもない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

10

【0084】

例えば、本明細書の無線通信装置10の処理における各ステップは、必ずしもシーケンス図またはフローチャートとして記載された順序に沿って時系列に処理する必要はない。例えば、無線通信装置10における各ステップは、並列的あるいは個別に実行される処理（例えば、並列処理あるいはオブジェクトによる処理）を含んでもよい。

【0085】

また、無線通信装置10に内蔵されるCPU、ROMおよびRAMなどのハードウェアを、上述した無線通信装置10の各構成と同等の機能を発揮させるためのコンピュータプログラムも作成可能である。また、該コンピュータプログラムを記憶させた記憶媒体も提供される。また、図4の機能ブロック図で示したそれぞれの機能ブロックをハードウェアで構成することで、一連の処理をハードウェアで実現することもできる。

20

【図面の簡単な説明】

【0086】

【図1】本実施形態にかかる無線通信システムの構成を示した説明図である。

【図2】MIMO通信の概要を示した説明図である。

【図3】ペアワイズキャリブレーションの一連のシーケンスを示した説明図である。

【図4】本実施形態にかかる無線通信装置の構成を示した機能ブロック図である。

30

【図5】MACヘッダの構成例を示した説明図である。

【図6】MACヘッダ中のHTControlの構成例を示した説明図である。

【図7】HTControlに含まれるLinkAdaptationControlの構成例を示した説明図である。

【図8】LinkAdaptationControlに含まれるMAIの構成例を示した説明図である。

【図9】本実施形態にかかる無線通信方法の流れを示したシーケンス図である。

【図10】本実施形態にかかる無線通信方法の他の例を示したシーケンス図である。

【符号の説明】

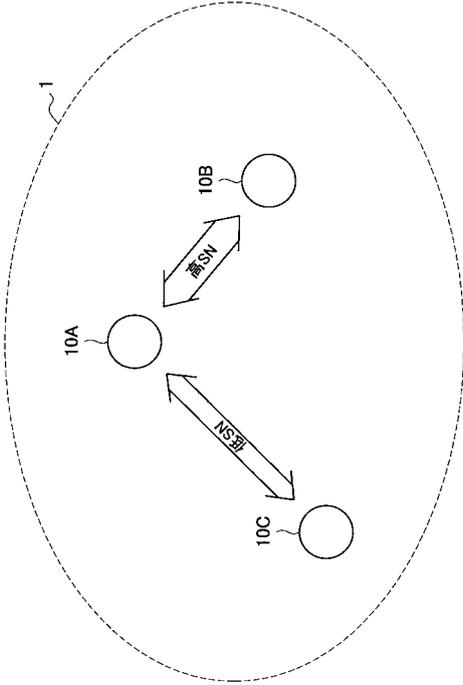
【0087】

40

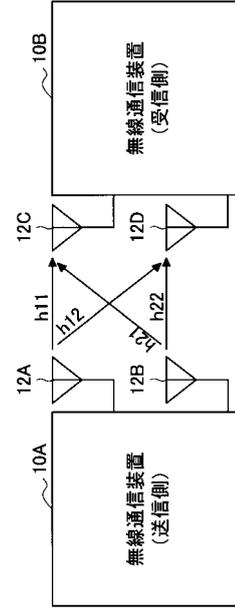
- 10、10A、10B、10C 無線通信装置
- 12A、12B、12C、12D アンテナ
- 110 送受信部
- 120 通信制御部
- 130 決定部
- 140 チャネル行列推定部
- 150 キャリブレーション係数算出部
- 160 ステアリングベクトル算出部
- 170 ビームフォーマ

50

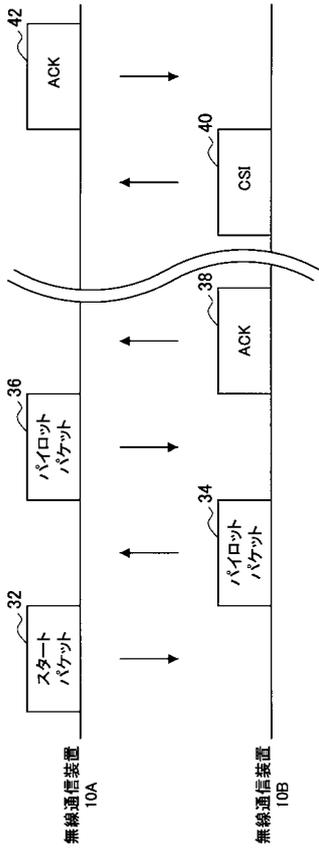
【図 1】



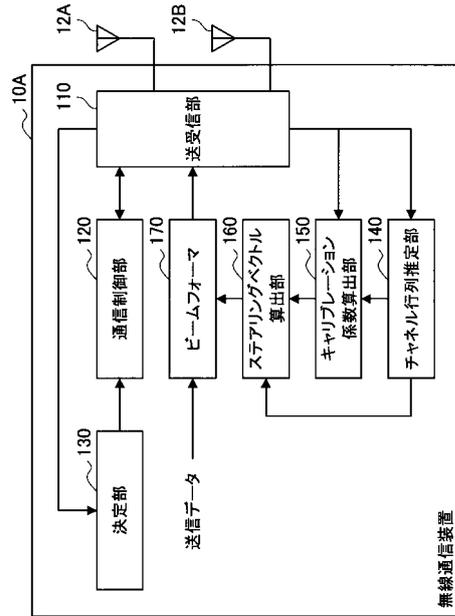
【図 2】



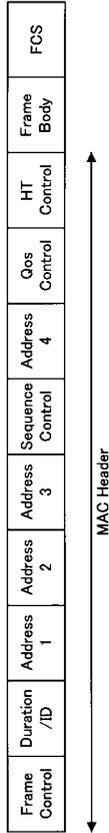
【図 3】



【図 4】



【 図 5 】



【 図 6 】



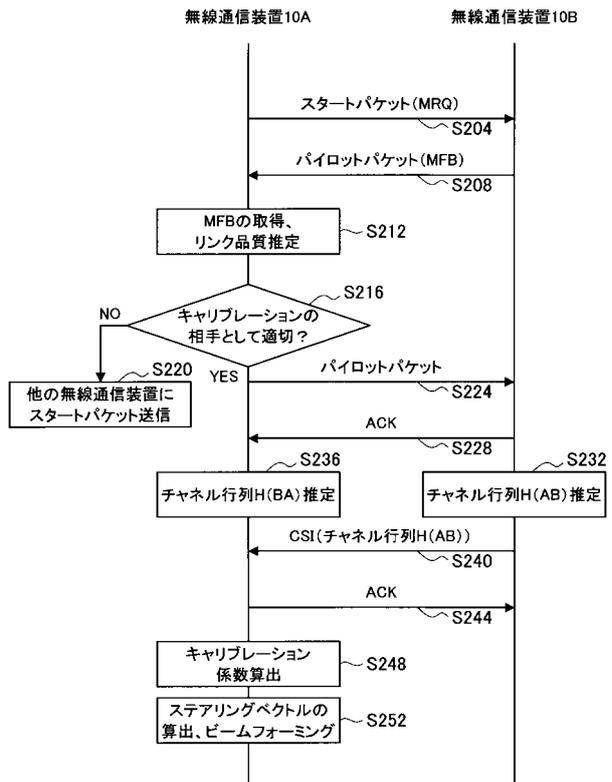
【 図 7 】



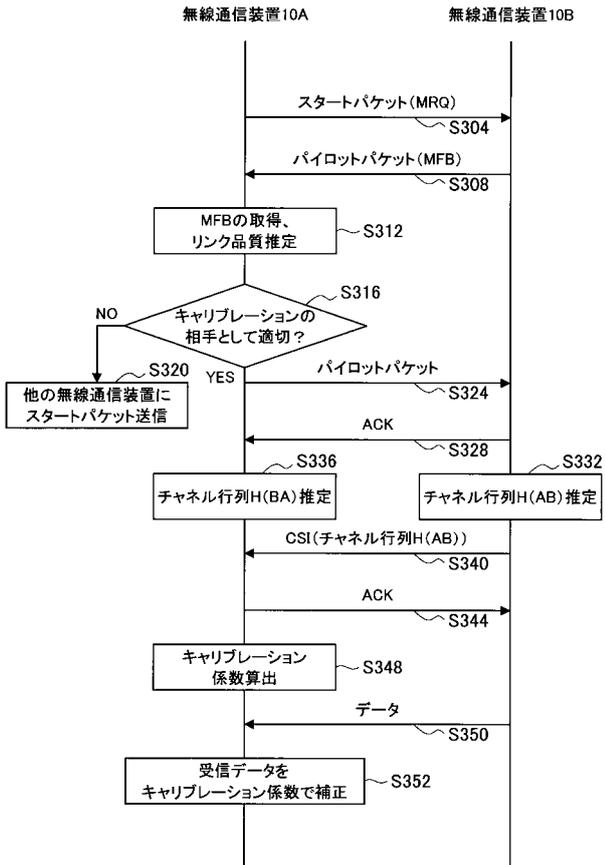
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 1 0 】



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 J	11/00	(2006.01)	H 0 4 J	11/00	Z	
H 0 4 J	1/00	(2006.01)	H 0 4 J	1/00		

Fターム(参考) 5K067 AA13 AA14 BB21 CC08 DD11 EE02 FF02 FF16 HH22 HH23
KK03