

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5345317号
(P5345317)

(45) 発行日 平成25年11月20日(2013.11.20)

(24) 登録日 平成25年8月23日(2013.8.23)

(51) Int.Cl.

H04J 99/00 (2009.01)
H04J 11/00 (2006.01)

F 1

H04J 15/00
H04J 11/00

Z

請求項の数 6 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2007-527248 (P2007-527248)
(86) (22) 出願日	平成17年4月28日 (2005.4.28)
(65) 公表番号	特表2008-503180 (P2008-503180A)
(43) 公表日	平成20年1月31日 (2008.1.31)
(86) 国際出願番号	PCT/US2005/014407
(87) 国際公開番号	W02006/001898
(87) 国際公開日	平成18年1月5日 (2006.1.5)
審査請求日	平成20年4月15日 (2008.4.15)
審判番号	不服2012-8915 (P2012-8915/J1)
審判請求日	平成24年5月16日 (2012.5.16)
(31) 優先権主張番号	60/578,776
(32) 優先日	平成16年6月10日 (2004.6.10)
(33) 優先権主張国	米国(US)
(31) 優先権主張番号	11/043,025
(32) 優先日	平成17年1月24日 (2005.1.24)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	500587067 アギア システムズ インコーポレーテッド アメリカ合衆国. 18109 ペンシルヴァニア, アレンタウン, アメリカン パークウェイ エヌイー 11110
(74) 代理人	100094112 弁理士 岡部 謙
(74) 代理人	100064447 弁理士 岡部 正夫
(74) 代理人	100106183 弁理士 吉澤 弘司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】多重アンテナ通信システムにおけるブリアンブル・トレーニングのための方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

N (Nは2以上の整数)個の送信アンテナを備えた多重アンテナ通信システムにおいてデータを送信するための方法であつて、

少なくとも1つのレガシー・ロング・トレーニング・フィールドおよび少なくとも1つのレガシー・ショート・トレーニング・フィールドを有するレガシー・ブリアンブルと、前記N個の送信アンテナの各々で1以上の追加のロング・トレーニング・フィールドおよび少なくとも1つの追加のショート・トレーニング・フィールドを有する拡張部分とを送信するステップを含み、

前記追加のロング・トレーニング・フィールドの各々は、1つのロングOFDMシンボルを含み、

少なくとも1つのロングOFDMシンボルがMポイントの周波数グリッドを利用し、少なくとも1つのデータOFDMシンボルはM/2ポイントの周波数グリッドを利用する方法。

【請求項 2】

前記レガシー・ブリアンブルは、少なくとも1つのショート・トレーニング・シンボルと1つの信号フィールドとをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

多重アンテナ通信システムにおける送信機であつて、
少なくとも1つのレガシー・ロング・トレーニング・フィールドおよび少なくとも1つ

10

20

のレガシー・ショート・トレーニング・フィールドを有するレガシー・プリアンブルと、
N (Nは2以上の整数)個の送信アンテナの各々で1以上の追加のロング・トレーニング
・フィールドおよび少なくとも1つの追加のショート・トレーニング・フィールドを有する
拡張部分とを送信するための前記N個の送信アンテナを含み、

前記追加のロング・トレーニング・フィールドの各々は、1つのロングO F D Mシンボルを含み、

少なくとも1つのロングO F D MシンボルがMポイントの周波数グリッドを利用し、少
なくとも1つのデータO F D MシンボルはM/2ポイントの周波数グリッドを利用する送
信機。

【請求項4】

10

前記レガシー・プリアンブルは、1つの信号フィールドをさらに含む、請求項3に記載
の送信機。

【請求項5】

多重アンテナ通信システムにおいて、N (Nは2以上の整数)個の送信アンテナを備えた
送信機によって送信されたデータを少なくとも1つの受信アンテナ上で受信する方法で
あって、

少なくとも1つのレガシー・ロング・トレーニング・フィールドおよび少なくとも1つ
のレガシー・ショート・トレーニング・フィールドを有するレガシー・プリアンブルと、
前記N個の送信アンテナの各々で1以上の追加のロング・トレーニング・フィールドおよ
び少なくとも1つの追加のショート・トレーニング・フィールドを有する拡張部分とを受
信するステップを含み、

20

前記追加のロング・トレーニング・フィールドの各々は、1つのロングO F D Mシンボルを含み、

少なくとも1つのロングO F D MシンボルがMポイントの周波数グリッドを利用し、少
なくとも1つのデータO F D MシンボルはM/2ポイントの周波数グリッドを利用する方法。

【請求項6】

N (Nは2以上の整数)個の送信アンテナを有する少なくとも1つの送信機を含む多重
アンテナ通信システムにおける受信機であって、

少なくとも1つのレガシー・ロング・トレーニング・フィールドおよび少なくとも1つ
のレガシー・ショート・トレーニング・フィールドを有するレガシー・プリアンブルと、
前記N個の送信アンテナの各々で1以上の追加のロング・トレーニング・フィールドおよ
び少なくとも1つの追加のショート・トレーニング・フィールドを有する拡張部分とを受
信するために少なくとも1つの受信アンテナを含み、

30

前記追加のロング・トレーニング・フィールドの各々は、1つのロングO F D Mシンボルを含み、

少なくとも1つのロングO F D MシンボルがMポイントの周波数グリッドを利用し、少
なくとも1つのデータO F D MシンボルはM/2ポイントの周波数グリッドを利用する受
信機。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本発明は、参照により本明細書に組み込まれている、2004年6月10日に出願した
米国仮特許出願第60/578776号の優先権を主張するものである。

本発明は、一般に多重アンテナ無線通信システム、さらに具体的には多重アンテナ通信
システムのためのプリアンブル・トレーニング技術に関する。

【背景技術】

【0002】

次世代の無線ローカル・エリア・ネットワーク(W L A N)システムにおいて、高口
バス性および高容量の両方を提供するために多重送受信アンテナが提案されている。高口

50

バスト性は多重アンテナを備えたシステムに導入された空間ダイバシティおよび追加利得を利用する技術を介して実現することができる。高容量は帯域幅の効率的な多入力多出力（MIMO）技術を用いてマルチパス・フェージング環境において実現することができる。多重アンテナ通信システムは、多重送信アンテナ上で個別のデータ・ストリームを送信することにより所与のチャンネル帯域幅におけるデータ転送速度を高める。それぞれの受信機は多重受信アンテナ上でこれらのデータ・ストリームの組合せを受信する。

【0003】

異なるデータ・ストリームを適切に受信するには、多重アンテナ通信システムの受信機はトレーニングを介してチャンネル行列を取得しなければならない。これは一般に特定のトレーニング・シンボル、すなわちプリアンブルを用いて同期化およびチャンネル推定を実行することで実現される。多重アンテナ通信システムはレガシー單一アンテナ通信システム（一般に、單一入力單一出力（SISO）システムと呼ばれる）と共に存することが望ましい。したがって、レガシー（單一アンテナ）通信システムは多重アンテナ通信システムにより送信されるプリアンブルを解釈することが可能でなければならない。OFDM変調に基づくレガシー無線ローカル・エリア・ネットワーク（WLAN）システムの大部分は、IEEE 802.11a 規格またはIEEE 802.11g 規格（以下、「IEEE 802.11a/g」という）のいずれかに準拠する。一般に、レガシー・デバイスにより判断されるプリアンブル信号はレガシー・デバイスが理解する必要のあるパケット部分に対して正確な同期化およびチャンネル推定を可能にすべきである。これまでのMIMO プリアンブル・フォーマットはレガシー・トレーニング・プリアンブルを再使用してオーバヘッドを低減し、かつ効率性を高めていた。一般に、MIMO プリアンブル・フォーマット案は、拡張されたMIMO プリアンブル・フォーマットがそれぞれの送信アンテナまたは空間ストリーム（spatial stream）に対して少なくとも1つのロング・トレーニング・シンボルを含むように、レガシー・トレーニング・プリアンブルおよび追加ロング・トレーニング・シンボルを含む。

【0004】

MIMO-OFDMシステムなど、発展的な多重アンテナ通信システムのためのいくつかのフレーム・フォーマットが提案されている。既存のフレーム・フォーマットは、不正確な電力計測または時代遅れの周波数オフセット情報およびタイミング・オフセット情報など、MIMOシステムに関する不正確な推定を提供するか、または一部のベンダーのレガシー・デバイスに十分な下位互換性を提供することができない。1つのMIMOフレーム・フォーマット案では、一度に1本の送信アンテナだけが活動状態になるように、それぞれの送信アンテナは連続して1つまたは複数のロング・トレーニング・シンボルを送信する。しかし、送信アンテナのスイッチが切り替わるにつれて、対応する電力増幅器の温度はそれぞれ増減する。一般に、電力増幅器のこのような加熱および冷却は、所望の信号と相対的な位相または振幅のオフセットを送信信号に生じさせる「ブリージング」効果をもたらす。

【0005】

したがって、温度関連の信号「ブリージング」を回避できるよう、すべての送信アンテナからの連続的伝送があることが望ましい。したがって、さらなるMIMOフレーム・フォーマット案では、異なる送信アンテナを通して周期的遅延ダイバシティ（CDD）またはトーン・インターリービングを用いて直交性が維持される。しかし、CDDショート・トレーニング・シンボルは十分正確に受信信号電源を計測することができない。したがって、RFチェーンにおいて追加バックオフが求められ、かつデジタル化処理において追加ダイナミック・レンジが求められる。同様に、トーン・インターリーブされた構成は、タイミング同期化のためのショート・トレーニングを使用するか、または時間領域チャンネル推定を使用するいくつかの既存の802.11a/gデバイスと十分な下位互換性を有さない。

【特許文献1】米国仮特許出願第60/578776号

【発明の開示】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

したがって、既存の IEEE 802.1a/g 規格 (SISO) システムと互換性を有する MIMO-OFDM システムにおいてチャンネル推定およびトレーニングを行い、MIMO-OFDM を基盤とする WLAN システムが効率的に SISO システムと共存することを可能にするための方法およびシステムの必要性が存在する。さらに、改善された自動利得制御を提供する MIMO プリアンブル・フォーマットおよびトレーニング技術の必要性が存在する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

一般に、N 個の送信アンテナを備えた多重アンテナ通信システムにおいてデータを通信するための方法および装置が提供される。本発明の一態様によると、開示されたヘッダ・フォーマットは N 個の送信アンテナのそれぞれの上に、少なくとも 1 つのレガシー・ロング・トレーニング・フィールドを有するレガシー・プリアンブルと少なくとも N 個の追加ロング・トレーニング・フィールド (N additional long training fields) を有する拡張部分とを含む。N 個の追加ロング・トレーニング・フィールドは N 個の送信アンテナを通してトーン・インターリーブされてもよく、かつ MIMO チャンネル推定に用いられる。拡張部分は電力推定のためのショート・トレーニング・フィールドを含んでもよい。ショート・トレーニング・フィールドは N 個の送信アンテナを通してトーン・インターリーブされてもよく、かつビーム・ステアリングを支援するための拡張期間を有する。

以下の詳細な説明および図面を参照することにより、本発明のさらに完全な理解ならびに本発明のさらなる特徴および利点を得られよう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

本発明は MIMO システムのためのプリアンブル・フォーマットおよびプリアンブル・トレーニング用技術を提供する。MIMO 伝送のトレーニング段階は 2 つの段階を含むことになる。第 1 トレーニング段階は、例えば WLAN OFDM レガシー・システムに特に適したレガシー・トレーニング段階であり、第 2 段階は MIMO システムなどの多重アンテナ・システムに特に適している。先行システムにおける問題を克服するために、受信機の自動利得制御 (AGC) は第 1 トレーニング段階の間に 1 つのトレーニングを実行することになり、かつ受信機の AGC は第 2 トレーニング段階の間に再トレーニングを行うことになる。これにより受信機は正確さを確保するために MIMO 段階の間にその電力計測を再トレーニングすることが可能になるとともに、受信機は MIMO を基盤としない WLAN システムとの下位互換性を有することも可能になる。

【0009】

図 1 は MIMO 送信機 100 の概略ブロック図である。図 1 に示すように、例示的な 2 本のアンテナ送信機 100 は媒体アクセス制御 (MAC) 層から受信される情報ビットを符号化し、かつ符号化されたビットを段階 105 で異なる周波数トーン (サブキャリア) をマップする。それぞれの送信分岐に対して、信号は次いでIFFT (逆高速フーリエ変換) 115 によって時間領域波形に変換される。例示的な実施態様では、段階 120 によりすべての OFDM シンボルの前に 800 ナノ秒 (ns) のガード・インターバルが加えられ、かつ段階 125 により 32 μs のプリアンブルが加えられてパケットが完成する。次いで、デジタル信号が段階 128 で処理されて変換装置 130 によりアナログ信号に変換された後で、RF 段階 135 は対応するアンテナ 140 上で当該信号を送信する。

【0010】

図 2 は MIMO 受信機 200 の概略ブロック図である。図 2 に示すように、例示的な 2 本のアンテナ受信機 200 は 2 本の受信アンテナ 225-1 および 255-2 上で受信された信号を対応する RF 段階 260-1、260-2 で処理する。アナログ信号は次いで対応する変換装置 265 によりデジタル信号に変換される。受信機 200 はプリアンブル

を処理してパケットを検出し、次いで両方の分岐に関して同期化段階 270 で周波数およびタイミングの同期化情報を抽出する。ガード・インターバルは段階 275 で除去される。次いで、信号は段階 280 で FFT により変換されて周波数領域に戻される。チャンネル推定はロング・トレーニング・シンボルを用いて段階 285 で得られる。チャンネル推定はデマッパー (demapper) / 復号器 290 に適用され、情報ビットが回復される。

【0011】

図 3 は IEEE 802.11a / g 規格による従来のフレーム・フォーマット 300 を示す。図 3 に示すように、フレーム・フォーマット 300 は集合的に短いプリアンブルと呼ばれる 10 個のショート・トレーニング・シンボル (t1 から t10) を含む。その後に、保護ガード・インターバル (GI2) および 2 つのロング・トレーニング・シンボル (T1 および T2) からなる長いプリアンブルが存在する。信号フィールドは第 1 の実 OFDM シンボルに含まれ、かつ信号フィールド内の情報はパケット長およびデータ転送速度など、一般パラメータの送信に必要である。短いプリアンブル、長いプリアンブルおよび信号フィールドはレガシー・ヘッダ 310 を含む。データを運ぶ OFDM シンボルは信号フィールドの後に続く。

【0012】

プリアンブルは 2 つの部分、すなわちトレーニング部分と信号フィールドを含む。トレーニング部分は受信機 200 がパケット検出、自動利得制御 (AGC) のための電力計測、周波数同期化、タイミング同期化およびチャンネル推定を実行することを可能にする。信号フィールドは最低速度で送信されることになり、例えば、データ転送速度およびパケット長などに関する情報を伝える。MIMO システムでは、信号フィールドは空間ストリームの数および送信アンテナ 140 の数も表示すべきである。

【0013】

受信機 200 はプリアンブルを使用してプリアンブル内の上記の情報のすべてを得る。この情報に基づき、データが到着すると、受信機 200 は GI を除去し、FFT を用いてデータを周波数領域に変換し、データを非インターリーブ化 (deinterleave) し、かつ復号化する。

【0014】

前述のように、MIMO システムでは、これらの機能に加えて、プリアンブルはレガシー 802.11a / g デバイスと下位互換性を有することも好ましい。すなわち、レガシー・デバイスは正確にバックオフすることができ、かつ MIMO HT 伝送を中断しないように、パケットの期間に関する正確な情報を得ることが可能であるべきである。

【0015】

多重アンテナ・システムでは直交性を得るために 3 つの技術が存在することに留意されたい。具体的には、直交性は (i) 時間ダイバシティ、(ii) 周期遅延ダイバシティ (CDD)、および (iii) トーン・インターリービング (周波数の全域で) を用いて実現することができる。図 4 は CDD に基づく下位互換性を有する例示的なプリアンブル構成を示す。図 4 に示すように、レガシー・ショート・トレーニング、レガシー・ロング・トレーニング、レガシー信号フィールドおよび高速処理 (HT) 信号フィールドはすべて、図 5 と併せて以下で議論されるように、CDD 様式で送信される。

【0016】

図 5 は OFDM シンボルの最後のサンプルを始めに置くことによる CDD 信号の発生を示す。異なるアンテナは異なる周期的遅延を有する。その場合、信号フィールドの後に続くのは MIMO トレーニング・フィールドである。この構成では、レガシー・トレーニング・フィールドは MIMO 目的で再使用され、その場合、MIMO ロング・トレーニングだけが必要となる。異なる送信アンテナが信号に異なる位相シフトを加えるように、MIMO ロング・トレーニング・フィールドも CDD 構築される。

【0017】

図 5 の実施形態では、第 2 送信分岐上のサンプルは周期的にシフトし、対応するガード

10

20

30

40

50

・インターバル (G I) が送信分岐 TX - 1 および TX - 2 に加えられる。図 5 に示すように、例えば、(やはりガード・インターバル (G I) を伴わない) 1 つの OFDM シンボルの期間 D の最後のサンプルを当該シンボルの残部の前に置くことにより、そのような周期的回転を実現することができる。次いで、(図 5 において A' として示された) 新たに生み出されたシンボルから最後の G サンプル (802.11a OFDM では 0.8 マイクロセカンド) を再使用して、ガード・インターバルが加えられる。この周期的回転は OFDM シンボルごとにパケット全体を通してプリアンブルを含む OFDM シンボルすべてに行われる。

【0018】

I E E E 802.11a OFDM における短いプリアンブルは明示的なガード・インターバルを有さず、そのため、周期的回転は短いプリアンブルを形成する 10 個の短いプリアンブル・シンボルすべてを通して取られ、G I のその後の追加工程は不要となることに留意されたい。あるいは、周期的回転は 10 個のショート・トレーニング区分それぞれ (周期性により、差異は存在しない) に個別に行ってよい。長いプリアンブルに関しては、当該回転は 2 つのロング・トレーニング・シーケンスそれぞれに、またはこれら両方を通して同時に行われるべきであり、この場合も差異は存在しない。その場合、(長い) G I は新たに構築されたロング・トレーニング・シーケンスに基づくべきである。

10

【0019】

図 4 の構成 400 に関する問題は、レガシー・ショート・トレーニングの AGC 電力計測が MIMO トレーニングおよびデータ受信電力と比較して正確でないことがある。典型的に、A/D 265 のダイナミック・レンジを 1 ビットだけ増加する必要のある 6dB 計測誤差が存在する。これは A/D 費用を増加するだけでなく、アナログおよびデジタル回路すべてのダイナミック・レンジも増加する。図 4 のプリアンブル・フォーマット 400 は MIMO チャンネル推定のためにレガシー・ヘッダにおいて第 1 の長いプリアンブルを使用することに留意されたい。

20

【0020】

図 6 はトーン・インターリービングに基づきレガシー・プリアンブルを再使用する代替プリアンブル構成 600 を示す。この構成では、(図 4 にあるように) プリアンブルは複数のアンテナを通して CDD 様式で送信されず、むしろトーン・インターリービングを用いて送信される。サブキャリア (トーン) が一度に 1 つの送信分岐上でのみ活動状態になるように、レガシー・プリアンブルならびにレガシー信号フィールドおよび HT 信号フィールドの異なるトーンは異なる送信アンテナ上で送信される。MIMO ロング・トレーニング部分では、トーンすべてが MIMO ロング・トレーニングおよびレガシー・ロング・トレーニングでトレーニングされるように、トーンは複数のアンテナを通して交互に並ぶ。構成 600 は電力計測の正確さの問題を解決する。しかし、この構成はある種の受信機アルゴリズムを用いる一部の既存のベンダーと十分な下位互換性を有さない。図 6 のプリアンブル・フォーマット 600 は MIMO チャンネル推定のためにレガシー・ヘッダにおいて第 1 の長いプリアンブルを使用することに留意されたい。

30

【0021】

しかし、MIMO プリアンブルが下位互換性を有さない場合、送信要求 / 送信クリア (RTS / CTS) などの MAC 層保護機構を用いなければならない。この場合、MIMO システム性能を最適化するためだけに専用の MIMO プリアンブルを構成してもよい。本発明は下位互換性を有するプリアンブル構成と RTS / CTS を備えたプリアンブル構成の両方を提供する。

40

【0022】

RTS / CTS 保護を備えた MIMO プリアンブル

図 7 は RTS / CTS 保護を備えた MIMO プリアンブル構成 700 を示す。図 7 に示すように、プリアンブル・フォーマット 700 は、パケット検出、AGC および粗い周波数オフセット推定のために 10 個のトーン・インターリーブされたショート・トレーニング・シンボルを含み、例示的な実施形態において、当該シンボルはそれぞれ 0.8 μs で

50

ある。その場合、トーン・インターリーブされたロング・トレーニング・シンボルは細かいタイミング同期化、細かい周波数同期化およびチャンネル推定のために用いられる。第1のロング・トレーニング・シンボルの後に続くのは高速処理信号フィールドである。信号フィールドは、例えば、空間ストリームの数およびアンテナの数を信号で知らせる。次いで追加ロング・トレーニング・フィールドは必要に応じて送信される。ロング・トレーニング・フィールドの数は空間ストリームの数または送信アンテナの数に相当する。次いで、データはすべてのロング・トレーニング・フィールドの後で送信される。図7のプリアンブル・フォーマット700は(レガシー信号フィールドを含んでいないため)下位互換性を有さない。

【0023】

10

下位互換性を有するプリアンブル・フォーマット

図8は802.11a/gレガシー・デバイスと下位互換性を有する本発明の特徴を組み込んだプリアンブル構成800を示す。プリアンブル構成800は下位互換性のための信号フィールドを有する専用のレガシー部分810とMIMOシステム性能のための専用のMIMOトレーニング部分820とを提供する。

【0024】

20

プリアンブル構成800では、送信機100はまずCDDを用いてレガシー802.11a/gプリアンブル810を送信する。レガシー・プリアンブル810はパケット検出および粗い周波数オフセット推定を実行する。これら2つの機能の結果はMIMO伝送にも用いられることになる。これら2つの機能に加えて、レガシー・プリアンブル810はレガシーAGC、タイミング同期化および周波数同期化ならびにチャンネル推定を実行するためにも用いられる。次いで、受信機200は後に続くレガシー信号フィールドおよびHT信号フィールドを復号化する。HT信号フィールドもやはりCDDを用いて送信される。図8に示すように、レガシー信号フィールドおよびHT信号フィールドの後に続くのはMIMOショート・トレーニング・フィールド830、次いでMIMOロング・トレーニング・フィールドである。MIMOショート・トレーニング・フィールド830はAGC設定を調整するためだけに用いられ、その長さはレガシー・ショート・トレーニング・フィールドよりさらに短くてもよい。本明細書で示すように、MIMOショート・トレーニング・フィールドは正確な電力計測のために0.8μsのガード・インターバルと1.6μsのトレーニング・シンボルとを含む。

30

【0025】

図8のプリアンブル・フォーマット800はMIMOチャンネル推定のためにレガシー・ヘッダにおいて第1の長いプリアンブルを使用しないことに留意されたい。専用のショート・トレーニング・シンボル830は、より高いプリアンブル・オーバヘッド(9.6μs余分)を犠牲にして、MIMOに対する精密な電力計測を可能にする。したがって、プリアンブル・フォーマット800は低いダイナミック・レンジ要件(10ビットADC)を実現する。

【0026】

40

図8のMIMOロング・トレーニング・フィールドは、図11と併せて以下で議論されるように、データと同じ周波数グリッド上で送信される。したがって、周波数領域チャンネル推定(FDE)を実行することが可能である。

【0027】

図8のショート・トレーニング・フィールド830は、図9に示すように、トーン・インターリーブされた様式で構築される。図9はショート・トレーニング・シンボル830がMIMO電力(AGC)を計測するための例示的な構成900を示す。12個のトーンを有するOFDMシンボル(すなわち、長さ0.8μs)は4本のアンテナを通して正確な電力を提供するには十分であろうが、24個のトーンを有するOFDMシンボル(すなわち、長さ1.6μs)はわずかに大きいオーバヘッドを犠牲にして、さらにそれ以上の正確さを提供する。生成されたトーンは、2本のアンテナの場合について図9に示すように、複数の送信アンテナを通してインターリーブされる。破線トーンはアンテナ#1から

50

送信され、実線トーンはアンテナ # 2 から送信される。

【 0 0 2 8 】

ショート・トレーニング・シンボル 830 は長さが $1.6 \mu s$ しかないため、（利用可能な総トーン数 64 個のうち）24 個のトーンのみが使用される。これらトーンの指數はすべて 4 の倍数であり、したがって結果として生じる時間領域信号は $1.6 \mu s$ の期間を有する。例示的な 2 本のアンテナの場合、これらトーンの半分のみがそれぞれの送信機アンテナ上で送信される。すなわち、1 つおきに使用されるトーンは第 1 アンテナ上で送信され、当該トーンの残余は第 2 アンテナ上で送信される。その上、このショート・トレーニング・シンボル 830 は 12 個のトーンのみを用いる $0.8 \mu s$ にさらに短縮してオーバヘッドを低減することができる。

10

【 0 0 2 9 】

図 10 は送信機 100 で図 8 のショート・トレーニング・シンボル 830 を生成するためのアーキテクチャを示す。図 10 に示すように、活動状態の破線トーンはアンテナ 1 (TX - 1) から送信され、かつ実線トーンはアンテナ 2 (TX - 2) から送信される。それぞれの送信分岐に対して、活動状態のトーンは FFT (逆高速フーリエ変換) 1010 によって時間領域波形に変換され、時間領域信号は次いで段階 1020 でシリアル・ストリームに変換され、かつデジタル信号はそれぞれのアンテナ (TX) からの伝送に先立ち段階 1030 で RF 信号にアップコンバートされる。

【 0 0 3 0 】

図 8 の MIMO ロング・トレーニング・フィールドはショート・トレーニング・シンボル 830 の後に送信される。プリアンブル・フォーマット 800 では、AGC が再調整されるため、レガシー・ロング・トレーニング・フィールドは MIMO 目的で再使用することはできない。ロング・トレーニング・フィールドの数は空間ストリームの数または送信アンテナの数に相当する。例示的な実施形態では、偶数 / 奇数トーンを用いた第 1 のロング・トレーニング・シンボルおよび奇数 / 偶数トーンを用いた第 2 のロング・トレーニング・シンボルを用いて、それぞれのロング・トレーニング・フィールドはトーン・インターリーブされた方法で構築される。

20

【 0 0 3 1 】

図 11 は例示的な 2 本の送信分岐実施態様（または 2 本の空間ストリーム事例）における、図 8 の第 1 のロング・トレーニング・シンボルのための例示的な構成 1100 を示す。例示的な構成 1100 は 48 個のトーンを用いる。第 1 のロング・トレーニング・フィールドにおいて、偶数トーンは第 1 送信アンテナ上で送信され、奇数トーンは第 2 送信アンテナ上で送信される。

30

【 0 0 3 2 】

図 12 は例示的な 2 本の送信分岐実施態様（または 2 本の空間ストリーム事例）における、図 8 の第 2 のロング・トレーニング・シンボルのための例示的な構成 1200 を示す。例示的な構成 1200 は 48 個のトーンを用いる。第 2 のロング・トレーニング・フィールドにおいて、奇数トーンは第 1 送信アンテナ上で送信され、偶数トーンは第 2 送信アンテナ上で送信される。

40

【 0 0 3 3 】

このような方法で、すべての送信アンテナまたは空間ストリーム上のすべてのトーンはすべてのロング・トレーニング・フィールドの後でカバーされる。より多くの送信アンテナまたは空間ストリームの場合、同じロング・トレーニング・フィールドにおいて、異なるアンテナは異なるトーンを送信する。すべてのトーンが当該トレーニングによってカバーされるように、トーンは異なるトレーニング・フィールドにおいて複数のアンテナの間で交互に並べられる。MIMO ロング・トレーニング・フィールドは細かいタイミング同期化、細かい周波数同期化およびチャンネル推定のために用いられる。

【 0 0 3 4 】

図 13 および図 14 は、それぞれ例示的な 3 本または 4 本の送信アンテナ実施態様のために本発明の特徴を組み込んだプリアンブル構成 1300、1400 を示す。一般に、そ

50

それぞれの追加送信アンテナ（または空間ストリーム）に対して、プリアンブル・フォーマットは拡張されて追加ガード・インターバルおよび（長さ $3 \cdot 2 \mu s$ の 2 つのロングOFDMシンボルからなる）ロング・トレーニング・シンボルを含む。

【0035】

さらなる下位互換性を有する構成

図 15 は下位互換性を有する別のプリアンブル構成 1500 を示す。プリアンブル・フォーマット 1500 は 2 つの部分、すなわちレガシー・プリアンブル 1510 および当該プリアンブルに連結する MIMO トレーニング部分 1520 を備える。ここでの違いはロング・トレーニング・フィールドは 1 つの OFDM シンボルのみを用いるものの、20MHz 帯域では 128 個のトーンまたは 40MHz 帯域では 256 個のトーンを有する（どちらの場合も、シンボル時間はやはり $6 \cdot 4 \mu s$ である）。例示的な 2 本の送信アンテナ実施態様に関しては、（2 つの OFDM シンボルを有する）そのようなロング・トレーニング・フィールド 1 つだけが必要である（3 本または 4 本の送信アンテナ実施態様に関しては、2 つのそのようなロング・トレーニング・フィールドが必要である）。プリアンブル構成 1500 では、MIMO チャンネルはすべてこの 1 つのロング・トレーニング・フィールドに基づき推定される。時間領域チャンネル推定またはその他の周波数領域補間チャンネル推定方式 (frequency domain interpolation channel estimation schemes) を用いなければならない。この種のチャンネル推定方法の欠点は性能のロバスト性である。チャンネル推定方法はチャンネル遅延プロファイルに敏感である可能性がある。

10

20

【0036】

一般に、プリアンブル構成 1500 は 2 つの 64 ポイント OFDM シンボルを 1 つの 128 ポイント・シンボルに連結させることによりプリアンブル・オーバヘッドを低減する。2 つの 128 ポイント FFT のため、プリアンブル構成 1500 は $0 \cdot 8 \mu s$ のガード・インターバルを含まない（したがって、周波数領域チャンネル推定（FDE）を実行するよりもさらに複雑な時間領域チャンネル推定を必要とする）。データ・シンボルは 64 ポイント周波数グリッド上に存在することから FDE は実行できず、一方、例示的な実施形態において、ロング・トレーニング・シンボルは 128 ポイント周波数グリッド上に存在する点に留意されたい。データが 128 ポイント FFT グリッド上に存在する場合、 $0 \cdot 8 \mu s$ の GI が必要となる。

30

【0037】

4 本の送信アンテナを有する実施態様では、128 ポイント FFT は 256 ポイント FFT に置き換えられ、かつ OFDM シンボル時間は $12 \cdot 8 \mu s$ に増加する。（データが 64 ポイントであると仮定すると）これはプリアンブルから $2 \cdot 4 \mu s$ 節約することになる。

【0038】

図 16 はプリアンブルの長さを短縮する本発明の特徴を組み込んだ別のプリアンブル構成 1600 を示す。プリアンブル構成 1600 では、（2 つの OFDM シンボルを有する）1 つのロング・トレーニング・フィールドのみが送信される。このように、トーンの一部のみが当該トレーニングによりカバーされ、他のトーンは補間されなければならない。そのような構成 1600 の性能はロバストではないが、ボイス・オーバー IP (VoIP) など、性能要件が低いと同時にパケットが短い場合、ある種の適用に役立つ可能性がある。

40

【0039】

SVD プリアンブル構成

図 17 は SVD - MIMO (特異値分解 MIMO) のために本発明のプリアンブル・フォーマットを拡張した送信機 1700 の概略ブロック図である。SVD モードでは、図 17 に示すように、ステアリング行列 (steering matrix) を適用して空間ストリームを送信アンテナにマップする。空間領域において信号を変える空間ステアリング行列の導入を除いて、図 17 は図 1 と同じように機能する。

50

【0040】

図18はSVD-MIMOのために本発明の特徴を組み込んだプリアンブル・フォーマット1800を示す。一般に、プリアンブル1800はシステム性能を維持するためにより多くの調整を必要とする。プリアンブル1800では、SVDモードにおけるそれぞれのトーンは異なるパワー・スケーリング(power scaling)を有するため、MIMOショート・トレーニングはさらに長くする必要がある。図18に示される例示的フォーマット1800では、52個のトーンすべてを使用するAGC計測のために3.2μsのプリアンブルが用いられる。52個のトーンは空間ストリームすべてを通じてインターリーブされ、かつ(図17から)対応するステアリング行列をそれぞれのトーンに適用して送信アンテナ上で送られるトレーニング・シンボルを形成する。性能要件およびチャネル遅延プロファイルに応じて、1つを超えるそのようなショート・トレーニング・シンボルが必要となる可能性がある。図13および図14と併せて以下で議論されるように、ロング・トレーニング・フィールド内のトーンはまず空間ストリームを通してインターリーブされることになり、次いでステアリング行列を適用して送信アンテナにマップする。

【0041】

ハイブリッド・プリアンブル構成

図19は本発明の特徴を組み込んだハイブリッド・プリアンブル構成1900を示す。ハイブリッド・プリアンブル構成1900は、図4、図13～図16、および図18と併せて上で議論されたプリアンブル構成はすべてその後にレガシー信号フィールドおよびHT信号フィールドが続く共通レガシー・プリアンブル部分を有することを認識している。これらの違いは後に続くMIMOトレーニング部分にある。したがって、図19に示すように、HT信号フィールドを用いてMIMOトレーニング・フォーマットを信号で知らせてもよい。ビデオ伝送に関連するなど、さらに長いパケットに関しては、さらに長いプリアンブルを有するものより良い性能を示す、図13および図14のプリアンブル構成を用いてもよい。VOPに関連するなど、さらに短いパケットに関しては、さらに短いプリアンブルおよびオーバヘッドを有する、図16のプリアンブル構成を用いてもよい。そのような構成に関しては、図19で示すように、プリアンブル・トレーニング・フォーマットを信号で知らせるには、HT信号フィールドにおいて1ビットまたは2ビットのみが必要である。

【0042】

本明細書に示されかつ説明される実施形態および変更形態は本発明の原理を単に例示するものであり、当業者は本発明の範囲および精神から逸脱することなく様々な修正形態を実施することが可能であることを理解されたい。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】例示的なMIMO送信機の概略ブロック図である。

【図2】例示的なMIMO受信機の概略ブロック図である。

【図3】IEEE802.11a/g規格による従来のフレーム・フォーマットの図である。

【図4】CDDを用いた、下位互換性を有する例示的なプリアンブル構成の図である。

【図5】CDD信号の発生を示す図である。

【図6】トーン・インターリービングに基づく代替プリアンブル構成の図である。

【図7】RTS/CTS保護を備えたMIMOプリアンブル構成の図である。

【図8】802.11a/gレガシー・デバイスと下位互換性を有する本発明の特徴を組み込んだプリアンブル構成の図である。

【図9】図8のショート・トレーニング・シンボルがMIMO電力(AGC)を計測するための例示的な構成の図である。

【図10】図1の送信機で図8のショート・トレーニング・シンボルを発生させるための例示的なアーキテクチャの図である。

10

20

30

40

50

【図11】例示的な2本の送信分岐実施態様（または2本の空間ストリーム事例）における、図8の第1のロング・トレーニング・シンボルのための例示的な構成の図である。

【図12】例示的な2本の送信分岐実施態様（または2本の空間ストリーム事例）における、図8の第2のロング・トレーニング・シンボルのための例示的な構成の図である。

【図13】それぞれ例示的な3本または4本の送信アンテナ実施態様のために本発明の特徴を組み込んだプリアンブル構成の図である。

【図14】それぞれ例示的な3本または4本の送信アンテナ実施態様のために本発明の特徴を組み込んだプリアンブル構成の図である。

【図15】下位互換性を有する代替プリアンブル構成の図である。

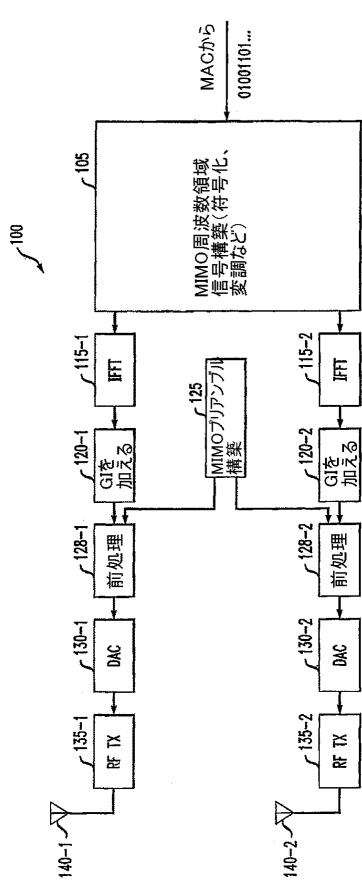
【図16】プリアンブルの長さを短縮する、本発明の特徴を組み込んだ代替プリアンブル構成の図である。 10

【図17】SVD-MIMOのために本発明のプリアンブル・フォーマットを拡張する送信機の概略ブロック図である。

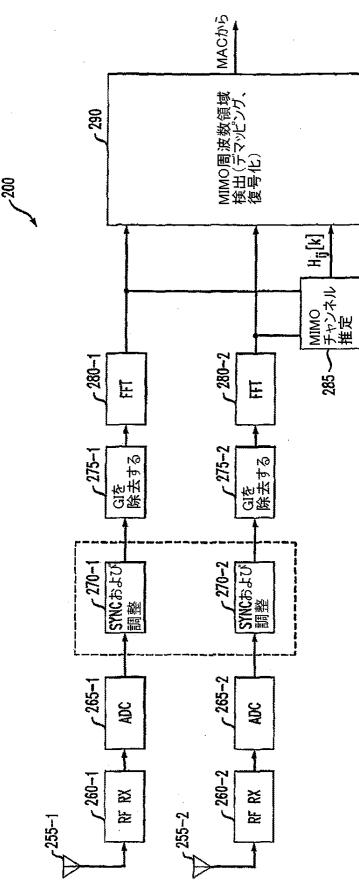
【図18】SVD-MIMOのためのプリアンブル・フォーマットの図である。

【図19】ハイブリッド・プリアンブル構成の図である。

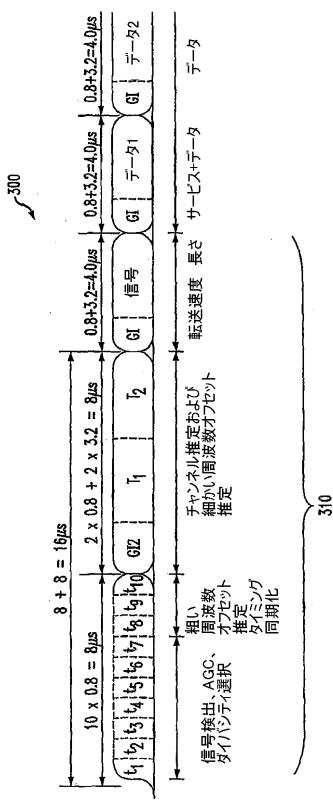
【図1】



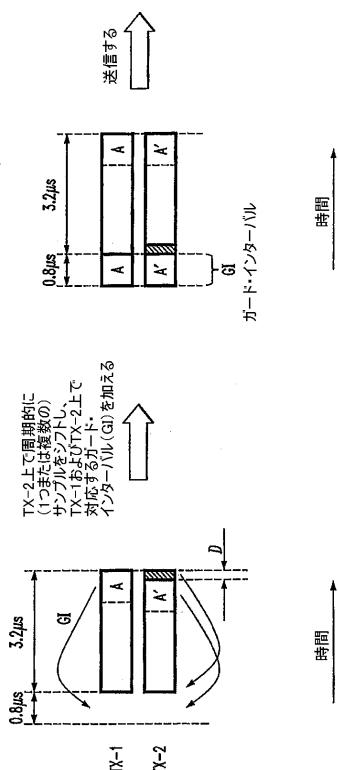
【図2】



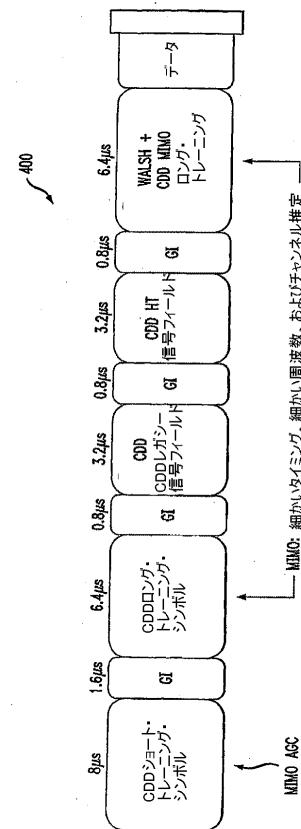
【図3】



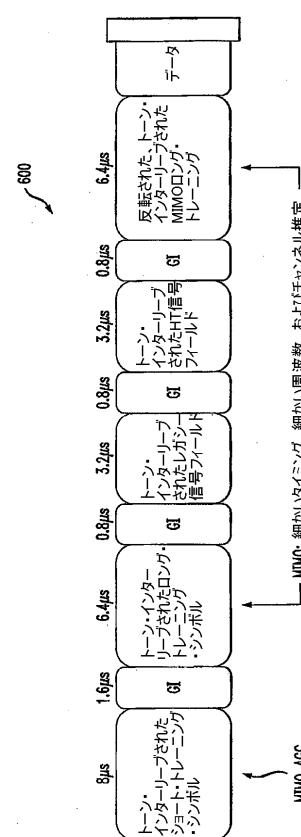
【図5】



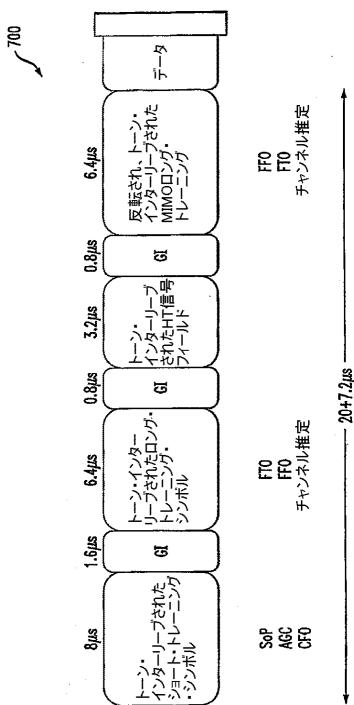
【 図 4 】



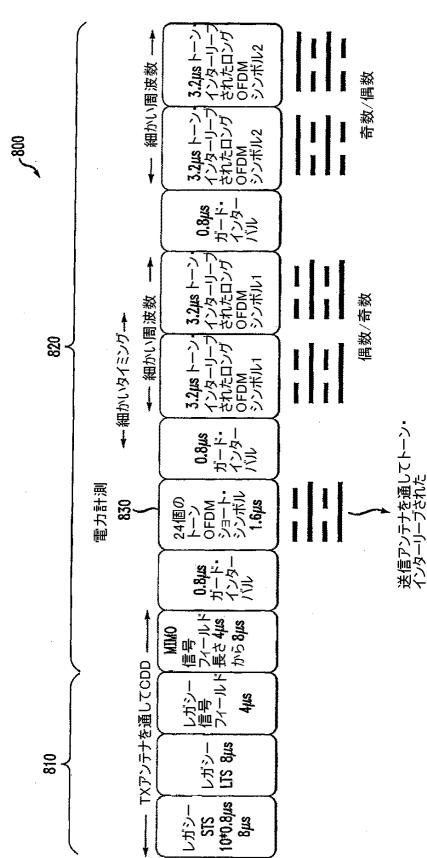
【図6】



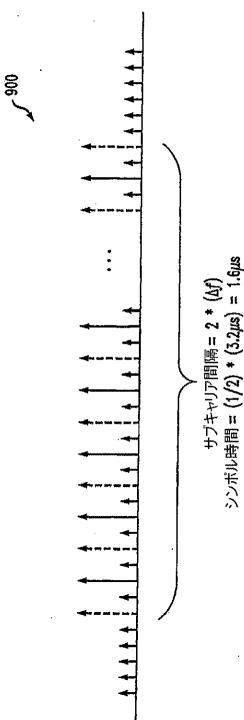
【図 7】



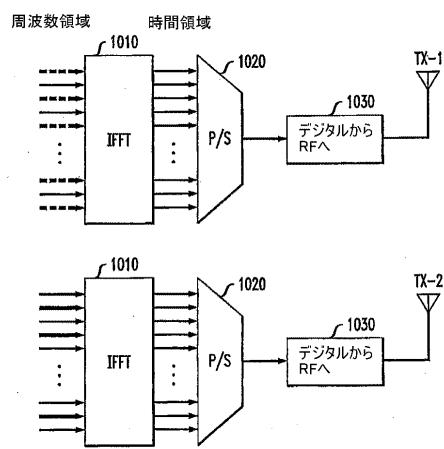
【図 8】



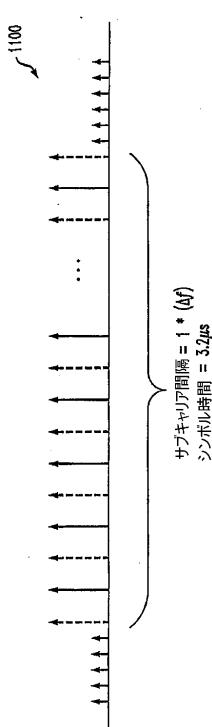
【図 9】



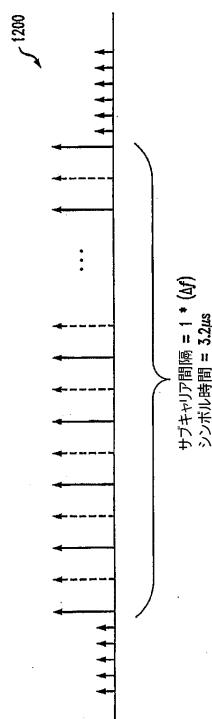
【図 10】



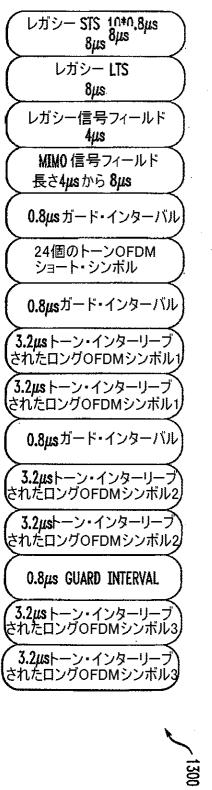
【図 1 1】



【図 1 2】



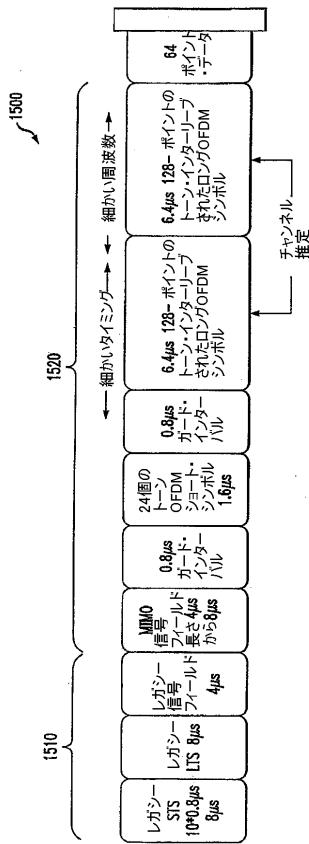
【図 1 3】



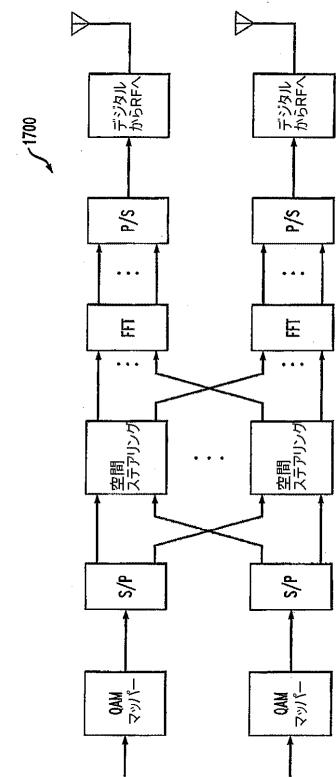
【図 1 4】



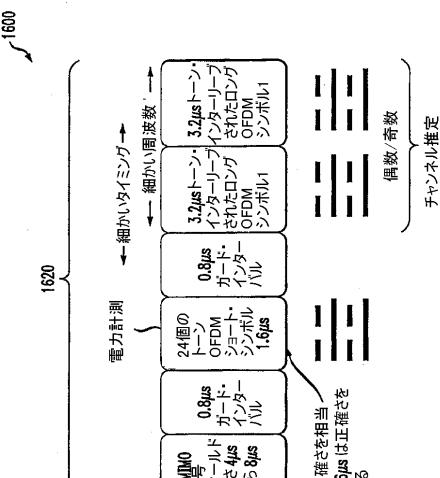
【図15】



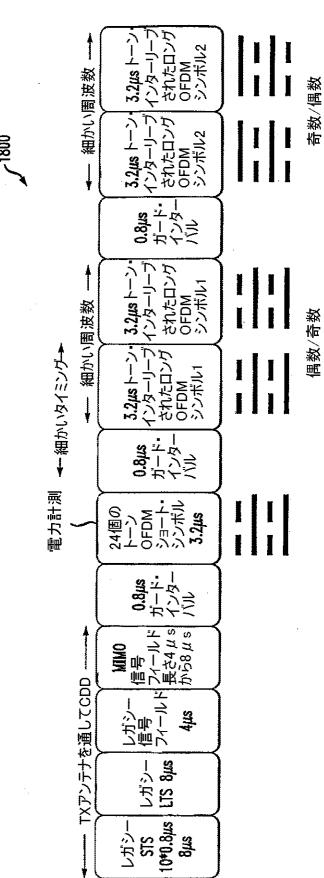
【図17】



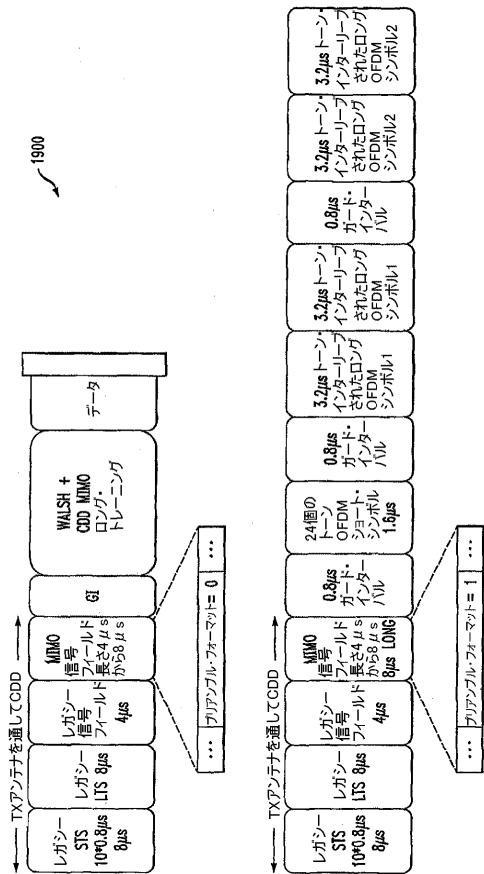
【図16】



【 図 1 8 】



【図19】



フロントページの続き

(72)発明者 ムタバ, シエド, アオン

アメリカ合衆国 07922 ニュージャーシィ, バークレーハイツ, ホリー グレン サウス
65

(72)発明者 ワン, シアオウェン

アメリカ合衆国 08807 ニュージャーシィ, ブリッジウォーター, ハントレイ ウェイ 1
7

合議体

審判長 藤井 浩

審判官 矢島 伸一

審判官 新川 圭二

(56)参考文献 JIANHUA LIU, A MIMO SYSTEM WITH BACKWARD COMPATIBILITY FOR OFDM BASED WLANS, SPAWC 2003, 米国, IEEE, 2003年6月15日, pp. 130 - 134

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04J 99/00

H04J 11/00