

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6806165号

(P6806165)

(45) 発行日 令和3年1月6日 (2021. 1. 6)

(24) 登録日 令和2年12月8日 (2020. 12. 8)

(51) Int. Cl. F I
HO 4 W 16/26 (2009. 01) HO 4 W 16/26
HO 4 W 16/28 (2009. 01) HO 4 W 16/28 1 3 0

請求項の数 21 (全 36 頁)

(21) 出願番号	特願2018-553971 (P2018-553971)	(73) 特許権者	000002185
(86) (22) 出願日	平成29年4月21日 (2017. 4. 21)		ソニー株式会社
(65) 公表番号	特表2019-514296 (P2019-514296A)		東京都港区港南1丁目7番1号
(43) 公表日	令和1年5月30日 (2019. 5. 30)	(74) 代理人	100092093
(86) 国際出願番号	PCT/US2017/028827		弁理士 辻居 幸一
(87) 国際公開番号	W02017/189354	(74) 代理人	100067013
(87) 国際公開日	平成29年11月2日 (2017. 11. 2)		弁理士 大塚 文昭
審査請求日	平成30年10月12日 (2018. 10. 12)	(74) 代理人	100109070
(31) 優先権主張番号	15/142, 822		弁理士 須田 洋之
(32) 優先日	平成28年4月29日 (2016. 4. 29)	(74) 代理人	100109335
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		弁理士 上杉 浩
		(74) 代理人	100120525
			弁理士 近藤 直樹
		(74) 代理人	100158551
			弁理士 山崎 貴明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線通信における予防的MIMO中継

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の無線ノード間の通信を同時中継するように構成された無線ネットワーク装置であって、

少なくとも1つのアクセスポイント (AP) を含む無線ノードと無線ネットワークを介して通信する多入力多出力 (MIMO) 通信を行うように構成された中央コーディネータ無線ノードを備え、

前記無線ノードは、多入力多出力 (MIMO) 通信をサポートする第1カテゴリの無線ノードと、MIMOをサポートしない第2カテゴリの無線ノードとの組み合わせを含み、

前記中央コーディネータ無線ノードは、無線ノードのカテゴリ、信号強度及び推定エータタイムを含む通信特性に基づいて、前記無線ノードのうちの1つを、少なくとも1つの前記APと前記無線ノードのうちのいずれか1つの無線ノードとの間のリレーノードとして選択し、

前記APは、複数のトレーニングフレーム及びデータ送信フレームを含むスーパーフレーム構造内の中継サービス期間 (SP) を利用し、

前記APは、RLSメッセージングオーバーヘッドを低減することを目的として前記複数の無線ノードのうちの2又は3以上の無線ノードとの同時リレーリンクセットアップ (RLS) プロセスを開始し、

前記APから前記リレーノードへのMIMOホップを形成した後に、前記リレーノード及び宛先無線ノード (クライアント) からのマルチユーザ (MU) MIMOホップを形成

10

20

したことに応答して、前記A Pと宛先無線ノードとの間で前記リレーノードを介してデータ通信が行われる、
ことを特徴とする装置。

【請求項2】

前記第2カテゴリの無線ノードは、2つの独立したデータ通信チェーンのみをサポートし、又は単入力単出力(SISO)通信における1つのチェーンのみをサポートするように構成される、

請求項1に記載の装置。

【請求項3】

前記宛先無線ノード(クライアント)とのデータ通信セッションの前に、前記中央コーディネータによって無線ノードがリレーノードとして選択される、

請求項1に記載の装置。

【請求項4】

ビーコンヘッダ間隔(BHI)中に、MIMO能力の使用を制御する管理フレームが利用される、

請求項1に記載の装置。

【請求項5】

前記管理フレームは、情報要素(IE)フォーマットでMIMO装置の能力を伝える、

請求項4に記載の装置。

【請求項6】

信号強度の前記通信特性は、受信信号強度インジケータ(RSSI)の前記信号強度の測定値及び信号対雑音比(SNR)から選択される、

請求項1に記載の装置。

【請求項7】

前記通信特性は、(a) Cat A/Cat B能力、(b)中継能力、(c)到来角(AoA)/発射角(AoD)、及び(d)AC又はDC電源の存在から成る一群の特性から選択された1又は2以上の指標をさらに含む、

請求項1に記載の装置。

【請求項8】

前記中継サービス期間(SP)のフィールドは、(a)APと前記リレーとの間のビームフォーミング(BF)微調整、(b)前記リレーによってMIMO動作のチャネル状態情報指標がフィードバックされること、(c)前記リレーと第1の局(STA 1)との間で、Tx及びRxセクタトレーニングを含むBFトレーニングが行われること、(d)前記リレーと第2の局(STA 2)との間で、Tx及びRxセクタトレーニングを含むBFトレーニングが行われること、(e)前記リレーからSTA 1へのプロービングシーケンスが実行されること、(f)STA 1によってチャネル状態情報指標がフィードバックされること、(g)前記リレーからSTA 2へのプロービングシーケンスが実行されること、(h)STA 2によってチャネル状態情報指標がフィードバックされること、(i)前記リレーによるユーザ間干渉推定のためにSTA 1及びSTA 2によって同時パイロット送信が行われること、(j)MIMOを用いて前記APと前記リレーの間でデータが送信されること、(k)マルチユーザ(MU)MIMOを用いて前記リレーからSTA 1及びSTA 2にデータが送信されること、を含む、

請求項1に記載の装置。

【請求項9】

前記中央コーディネータ無線ノードは、前記少なくとも1つのアクセスポイント(AP)無線ノード内に実装される、

請求項1に記載の装置。

【請求項10】

ネットワーク上の複数の無線ノード間の通信を同時中継するように構成された無線ネットワーク装置を実装する方法であって、

10

20

30

40

50

多入力多出力（MIMO）通信のための第1カテゴリの無線ノードとして構成されたアクセスポイント（AP）である少なくとも1つの無線ノードを含む複数の無線ノードを、MIMO通信をサポートする第1カテゴリと、MIMO通信をサポートしない第2カテゴリとの組み合わせとして構成するステップと、

信号強度及びエアータイムの検討事項を含む通信特性に基づいて、前記APと前記無線ノードのうちのいずれか1つの無線ノードとの間のリレーノードとして無線ノードを選択することにより、多重化通信に起因して前記第2カテゴリの無線ノードよりもエアータイムの消費が少ないという理由で第1カテゴリの無線ノードの選択確率が高まるようにするステップと、

前記APから前記リレーへのMIMOホップ、及びその後の前記リレーノードから前記宛先（クライアント）である前記無線ノードへのマルチユーザ（MU）MIMOホップに
10 応答して中継を行うステップと、

前記方法において利用されるスーパーフレーム構造内の中継サービス期間（SP）を、複数のトレーニングフレーム及びデータ送信フレームを含むように修正するステップと、を含む、

無線ノードと前記APとの間のスペクトル効率の高い中継をもたらすように無線ノードのMIMO能力が活用され、

前記中継サービス期間（SP）のフィールドは、（a）APと前記リレーとの間のビームフォーミング（BF）微調整、（b）前記リレーによってMIMO動作のチャネル状態情報指標がフィードバックされること、（c）前記リレーと第1の局（STA 1）との
20 間で、Tx及びRxセクタトレーニングを含むBFトレーニングが行われること、（d）前記リレーと第2の局（STA 2）との間で、Tx及びRxセクタトレーニングを含むBFトレーニングが行われること、（e）前記リレーからSTA 1へのプロービングシーケンスが実行されること、（f）STA 1によってチャネル状態情報指標がフィードバックされること、（g）前記リレーからSTA 2へのプロービングシーケンスが実行されること、（h）STA 2によってチャネル状態情報指標がフィードバックされること、（i）前記リレーによるユーザ間干渉推定のためにSTA 1及びSTA 2によって同時パイロット送信が行われること、（j）MIMOを用いて前記APと前記リレーの間でデータが送信されること、（k）マルチユーザ（MU）MIMOを用いて前記リレーからSTA 1及びSTA 2にデータが送信されること、を含む、
30 ことを特徴とする方法。

【請求項11】

データ通信セッションの前に無線ノードがリレーノードとして選択される、請求項10に記載の方法。

【請求項12】

ビーコンヘッダ間隔（BHI）中に、MIMO能力の使用を制御する管理フレームを利用するステップをさらに含む、

請求項10に記載の方法。

【請求項13】

前記管理フレームは、情報要素（IE）フォーマットでMIMO装置の能力を伝える、
40 請求項12に記載の方法。

【請求項14】

信号強度の前記通信特性は、受信信号強度インジケータ（RSSI）の前記信号強度の測定値及び信号対雑音比（SNR）から選択される、
請求項10に記載の方法。

【請求項15】

前記通信特性は、（a）無線ノードのカテゴリ、（b）中継能力、（c）到来角（AoA）／発射角（AoD）、及び（d）AC又はDC電源の存在から成る一群の特性から選択された1又は2以上の指標をさらに含む、

請求項10に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 16】

無線ネットワーク上の複数の無線ノード間の通信を同時中継するように構成された、前記ネットワークのための無線アクセスポイント（ＡＰ）装置であって、

（ａ）多入力多出力（ＭＩＭＯ）能力を用いて同時通信を行って、前記ネットワークにおけるＭＩＭＯをサポートする第１カテゴリ及びＭＩＭＯをサポートしない第２カテゴリの複数の無線ノードと通信するように構成されたアクセスポイント（ＡＰ）と、

（ｂ）前記ＡＰにおけるコンピュータプロセッサと、

（ｃ）前記ＡＰにおける前記コンピュータプロセッサによる実行が可能な命令を記憶する非一時的コンピュータ可読メモリと、
を備え、

10

（ｄ）前記命令は、前記コンピュータプロセッサによって実行された時に、

（ｉ）少なくとも信号強度指標とエアタイム要件の推定とに基づいて、前記複数の無線ノードからリレー装置を選択するステップと、

（ｉｉ）複数のトレーニングフレーム及びデータ送信フレームを含むスーパーフレーム構造内の中継サービス期間（ＳＰ）を利用するステップと、

（ｉｉｉ）２又は３以上の無線ノードに対してリレーリンクセットアップ（ＲＬＳ）を同時に実行することによって前記ＲＬＳメッセージングオーバーヘッドを低減するステップと、

を実行し、前記無線ＡＰ装置は、

（ｅ）前記ＡＰから前記選択されたリレー装置へのＭＩＭＯホップ、及びその後の前記選択されたリレー装置及び宛先無線ノード（クライアント）からのマルチユーザ（ＭＵ）ＭＩＭＯホップに応答してデータ通信を中継するステップをさらに含み、

20

前記中継サービス期間（ＳＰ）のフィールドは、（ａ）ＡＰと前記リレーとの間のビームフォーミング（ＢＦ）微調整、（ｂ）前記リレーによってＭＩＭＯ動作のチャネル状態情報指標がフィードバックされること、（ｃ）前記リレーと第１の局（ＳＴＡ １）との間で、Ｔｘ及びＲｘセクタトレーニングを含むＢＦトレーニングが行われること、（ｄ）前記リレーと第２の局（ＳＴＡ ２）との間で、Ｔｘ及びＲｘセクタトレーニングを含むＢＦトレーニングが行われること、（ｅ）前記リレーからＳＴＡ １へのプロービングシーケンスが実行されること、（ｆ）ＳＴＡ １によってチャネル状態情報指標がフィードバックされること、（ｇ）前記リレーからＳＴＡ ２へのプロービングシーケンスが実行されること、（ｈ）ＳＴＡ ２によってチャネル状態情報指標がフィードバックされること、（ｉ）前記リレーによるユーザ間干渉推定のためにＳＴＡ １及びＳＴＡ ２によって同時パイロット送信が行われること、（ｊ）ＭＩＭＯを用いて前記ＡＰと前記リレーの間でデータが送信されること、（ｋ）マルチユーザ（ＭＵ）ＭＩＭＯを用いて前記リレーからＳＴＡ １及びＳＴＡ ２にデータが送信されること、を含む、
ことを特徴とする装置。

30

【請求項 17】

前記宛先無線ノード（クライアント）とのデータ通信セッションの前に、前記ＡＰによって無線ノードがリレーノードとして選択される、
請求項 16 に記載の装置。

40

【請求項 18】

ビーコンヘッダ間隔（ＢＨＩ）中に、ＭＩＭＯ能力の使用を制御する管理フレームが利用される、
請求項 16 に記載の装置。

【請求項 19】

前記管理フレームは、情報要素（ＩＥ）フォーマットでＭＩＭＯ装置の能力を伝える、
請求項 18 に記載の装置。

【請求項 20】

信号強度の通信特性は、受信信号強度インジケータ（ＲＳＳＩ）の前記信号強度の測定値及び信号対雑音比（ＳＮＲ）から選択される、

50

請求項 16 に記載の装置。

【請求項 21】

前記通信特性は、(a) 第 1 又は第 2 カテゴリ能力、(b) 中継能力、(c) 到来角 (A o A) / 発射角 (A o D)、及び (d) AC 又は DC 電源の存在から成る一群の特性から選択された 1 又は 2 以上の指標をさらに含む、

請求項 20 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

〔関連出願との相互参照〕

該当なし

10

【0002】

〔連邦政府が支援する研究又は開発に関する記述〕

該当なし

【0003】

〔コンピュータプログラム付属書の引用による組み入れ〕

該当なし

【0004】

〔著作権保護を受ける資料の通知〕

本特許文献中の資料の一部は、アメリカ合衆国及びその他の国の著作権法に従って著作権保護を受ける。著作権の権利所有者は、合衆国特許商標庁の一般公開ファイル又は記録内に表される通りに第三者が特許文献又は特許開示を複製することには異議を唱えないが、それ以外は全ての著作権を留保する。著作権所有者は、限定ではないが米国特許法施行規則 § 1. 14 に従う権利を含め、本特許文献を秘密裏に保持しておく権利のいずれも本明細書によって放棄するものではない。

20

【0005】

本開示の技術は、一般に無線ネットワーク通信に関し、具体的には、802. 11 規格を含む無線通信における多入力多出力 (MIMO) 中継の使用に関する。

【背景技術】

【0006】

30

近年、無線通信の重要性がますます高まっている。これらの無線通信形態の 1 つに、超短波 (30 ~ 300 GHz) で行われて広スペクトル帯域幅を提供するミリメートル波 (mm 波) 通信がある。この帯域幅は、UHD (超高精細) ビデオストリーミングなどの高データレート無線用途にとって特に有用である。なお、60 GHz 帯では、約 14 GHz の免許不要なスペクトルが全世界的に利用可能である。

【0007】

mm 波無線では、波長が数ミリメートル前後であることにより、フェーズドアレイとしても知られている数多くのアンテナを狭い領域に実装することができる。

【0008】

図 1 に、mm 波通信のための 256 素子のアンテナアレイ例 10 を硬貨 (直径 0. 955 インチ又は 24. 26 mm) と比較して示す。

40

【0009】

これらの極超短波アンテナアレイは小型かつ高指向性であり、数多くのアンテナを活用して送信を所望の無線方向に導くために、ビームフォーミングとして知られている技術が利用される。

【0010】

図 2 は、アンテナ 38 a、38 b、38 c ~ 38 n を有するビームフォーマのベース 36 に結合されたビームセクタ 34 がビーム選択信号 32 を受け取る様子を示す単純なビームフォーミング例 30 である。各アンテナには、信号強度ローブ 40 a、40 b、40 c 及び 40 d を関連付けて (誇張した角度で) 示す。しかしながら、これらの配列では、

50

自由空間伝搬損失（F S P L）の高さ及び O_2/H_2O 吸収の大きさ、並びに物体による減衰の大きさを含むいくつかの理由によってリンクバジェット（リンク性能を定量化したもの）が低い。

【0011】

図3は、動作周波数に対する予想大気損失のプロットである。この高信号減衰環境においてビームフォーミングを利用すると、通信リンク間の干渉が低下する。

【0012】

図4A及び図4Bは、図4Aの狭アンテナパターン間におけるビームフォーミングの結果としての干渉の欠如と、図4Bに示すような広いパターンの使用によって生じる干渉とを比較したものである。各図の上側の三角形は受信機アンテナパターンであり、下側の三角形は潜在的な干渉物のアンテナパターンである。

10

【0013】

mm波システムは、たとえアンテナアレイを使用してもリンクバジェットが低く、このためユーザ体験を損ねるデッドスポットを伴わずにWLANエリアをカバーすることが困難である。従って、mm波システムでは、アクセスポイント（AP）が確実に直接通信できない局（STA）も存在する。

【0014】

図5に、ノードAとノードBとがリレーを介して通信するマルチホップリレー構成を示す。無線中継の利用は、mm波周波数における低リンクバジェットの克服を目的とした技術である。

20

【0015】

中継は、カバレッジを改善することはできるが、直接リンクの使用に比べてスループットの不利を被る。この不利点は、（a）2（又は3以上の）ホップでのデータ送信、並びに（b）リレーリンクセットアップ（RLS）に必要な管理フレーム及びチャネル測定からのオーバーヘッド、によって生じ得る。

【0016】

図6Aに、リレーを介したアクセスポイント（AP）とノードA、ノードB及びノードCとの間の単純な3ノードリレーの例を示す。図6Bは、リンク1～2、3～4及び5～6のRLSオーバーヘッドをそれぞれ含む6つのリンク（1～6）の各々を示すエアタイムの利用例である。

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

従って、mm波通信においてリレーを使用する現在の技術は、大きな不利点及び困難を伴うと理解されるであろう。本開示は、これらの欠点を克服しながらさらなる利点をもたらすものである。

【課題を解決するための手段】

【0018】

現在では、2.4GHz（例えば、802.11n）及び5GHz（例えば、802.11ac）のWLAN技術、並びに4Gセルラー技術において、シングルユーザ（SU）多入力多出力（MIMO）技術が幅広く使用されている。しかしながら、今のところ、mm波規格又は製品には未だにMIMO技術が導入されていない。開示する装置は、異なるクライアントとの間のデータストリームを多重化したMIMO及びマルチユーザ（MU）-MIMOの使用が、現在の欠点に対する対処が成された時点でmm波通信に実装されることを想定したものである。

40

【0019】

無線ノードにおける無線通信にMIMO技術を導入すると、所与の通信システム（例えば、WLAN）において、例えば（第1カテゴリ）カテゴリA（Cat A）及び（第2カテゴリ）カテゴリB（Cat B）などの（ノード間通信に関する信号処理能力が異なる）2つの装置カテゴリを利用できるようになる。Cat Aは、装置に複雑な回路、高

50

アンテナ利得、及び次元 M ($M \geq 2$) のデータ多重化 (MIMO) サポートをもたらす。通常、Cat A 装置は固定装置である。Cat B は、装置に単純な回路、低アンテナ利得をもたらす、 $N = 1$ (単入力単出力 (SISO)) 又は $N < M$ である N 個のデータストリームを処理することができる。Cat B 装置は、モバイル装置であることが多い。なお、SISO は、Cat A よりも能力が低い Cat B の具体例である。限定ではなく一例として、Cat A は、4つの独立したデータ通信チェーンを有する MIMO をサポートするのに対し、Cat B は2つのチェーンしかサポートすることができず、又は1つのチェーン (SISO) しか有することができない。

【0020】

中継通信において MIMO 能力を利用しない無線通信システムは、リレーによる通信支援を必要とする STA 毎にマルチホッピングスループットの不利を被る。

10

【0021】

リレー端末において MIMO を利用することによって複数の STA からのデータを多重化すると、マルチホッピング及び RLS セットアップオーバーヘッドに費やされる時間を最低限に抑えることができる。このエアタイムの減少は、スループットの改善につながる。この無線通信装置／方法は、一群の Cat B STA から Cat A リレーに複数のデータストリームを同時に中継した後に、Cat A AP へのストリームを多重化するように構成される。

【0022】

中継に MIMO 能力を利用するスペクトル効率の高いカバレッジ拡大アーキテクチャを提供する。この抽象形態のアーキテクチャは、アクセスポイント (AP) からリレーノードへの MIMO ホップの後に、リレーノードから無線クライアントへのマルチユーザ (MU) - MIMO ホップが続くものである。さらに、リレー選択及びリレーリンクセットアップ (RLS) のための効率的かつ予防的方法も教示する。限定ではなく一例として、この装置／方法を利用して、例えば家の裏庭 (構造内／構造付近の隣接地) をカバーする場所にリレーを構成することにより、例えば家 (又は他の構造) の周囲に無線カバレッジを拡大することによってフルカバレッジの無線体験を提供することができる。

20

【0023】

本開示では複数の用語を利用し、これらの意味は、一般に後述するように利用される。

【0024】

AID: 局が AP (又は中央無線コーディネータ) に関連する際には常にアソシエーション識別子が利用され、局が AID を受け取る。AP (又は中央無線コーディネータ) は、この AID を用いて関連する局及び BSS のメンバを追跡する。

30

【0025】

AP: アクセスポイントは、1つの局 (STA) を含むエンティティであり、関連する STA の無線媒体 (WM) を介して分散サービスへのアクセスを提供する。

【0026】

AOA (AOD): アンテナアレイ上に (から) 入射する (送信される) 高周波の伝播方向における到来角 (発射角)。

【0027】

ABFT: アソシエーションビーームフォーミングトレーニング期間は、ネットワークに参加する新たな局のアソシエーション及び BF トレーニングに使用される、ビーコンで通知される期間である。

40

【0028】

ビーームフォーミング (BF) は、アレイ内の位相アンテナが全方向アンテナパターン又は準全方向アンテナパターンを使用しない指向性送信を行う (ビーームを形成する) プロセスである。BF は、対象受信機における受信信号電力又は信号対雑音比 (SNR) を改善するために送信機において使用される。

【0029】

ビーーム結合は、受信機において、様々なビーームに含まれる電力を独立データストリーム

50

毎に組み合わせる方法である。

【0030】

BSS：基本サービスセットは、ネットワーク内のAPとの同期に成功した一連の局（STA）である。

【0031】

BI：ビーコン間隔は、ビーコン送信時間の合間の時間を表す循環スーパーフレーム期間（cyclic superframe period）である。

【0032】

BRP：BF微調整プロトコル。BF微調整プロトコルは、受信機トレーニングを可能にし、最良の指向性通信を達成するために送信機及び受信機側を繰り返しトレーニングする。

10

【0033】

CBAP：競合ベースのアクセス期間。競合ベースの拡張分散チャネルアクセス（enhanced distributed channel access：EDCA）を使用する指向性マルチギガビット（DMG）BSSのデータ転送間隔（DTI）内の期間。

【0034】

DTI：データ転送間隔は、完全なBFトレーニングに続いて実際のデータ転送を行うことができる期間である。DTIは、1又は2以上のサービス期間（SP）及び競合ベースのアクセス期間（CBAP）を含むことができる。

20

【0035】

MACアドレス：媒体アクセス制御（MAC）アドレス。

【0036】

MCS：変調符号化スキームは、PHY層データレートに換算できる指数である。

【0037】

MIMO：多入力多出力は、同時に複数のデータストリームを利用する2つの装置間の通信である。

【0038】

MU-MIMO：マルチユーザ多入力多出力は、ノード毎に単一又は複数のデータストリームを用いた、装置と2又は3以上のノードとの間の通信である。

30

【0039】

全方向性：非方向性アンテナ送信モード。

【0040】

準全方向性：最も広いビーム幅を達成できる指向性マルチギガビット（DMG）アンテナ動作モード。

【0041】

リレー：802.11DMGリレー機能は、ソースリレーエンドポイントDMG STA（REDS）が別のDMG STA（リレー）を用いて宛先REDSにフレームを送信できるようにする。

【0042】

RDS：リレーDMG局（RDS）。

40

【0043】

RSSI：受信信号強度インジケータ（dBm単位）は、信号強度の尺度である。

【0044】

SISO：単入力単出力は、2つの装置間の単一データストリーム通信である。

【0045】

SNR：信号対雑音比は、関心信号と雑音信号との間のdB単位の測定値としての比率を測定した接続品質尺度である。

【0046】

SP：サービス期間は、アクセスポイント（AP）によってスケジュールされる。スケ

50

ジュールされた S P は、一定の時間間隔で開始する。

【0047】

スペクトル効率：特定の通信システムにおいて所与の帯域幅にわたって送信できる情報率であり、通常はビット／秒／Hz で表される。

【0048】

STA：局は、無線媒体（WM）への媒体アクセス制御（MAC）及び物理層（PHY）インターフェイスのアドレス指定可能なインスタンスである論理エンティティである。

【0049】

本明細書の以下の部分では、本明細書で説明する技術のさらなる態様が明らかになり、この詳細な説明は、本技術の好ましい実施形態を制限することなく完全に開示するためのものである。

10

【0050】

本明細書で説明する技術は、例示のみを目的とする以下の図面を参照することによって十分に理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図1】mm波通信と共に使用する256素子アンテナアレイチップの画像表現である。

【図2】mm波通信システムと共に使用するビームフォーミングアンテナの図である。

【図3】低リンクバジェットの一因である、mm波信号の大気減衰のプロットである。

【図4A】広角アンテナシステムの使用に応答して生じる高干渉確率を示す信号経路図である。

20

【図4B】広角アンテナシステムの使用に応答して生じる高干渉確率を示す信号経路図である。

【図5】ノードAとノードBとの間の通信に使用されるマルチホップリレーの無線ノード図である。

【図6A】アクセスポイント（AP）とノードA、B及びCとの間のリレーを用いたマルチホップ通信の通信ストリームにおけるアクセスチャネルの無線ノード図である。

【図6B】アクセスポイント（AP）とノードA、B及びCとの間のリレーを用いたマルチホップ通信の通信ストリームにおけるアクセスチャネルのエアタイムセグメントである。

30

【図7A】リレー端末（RT）を介したアクセスポイント（AP）とSTA 1及びSTA 2との間の通信ストリームにおける無線ノード図である。

【図7B】リレー端末（RT）を介したアクセスポイント（AP）とSTA 1及びSTA 2との間の通信ストリームにおけるエアタイムセグメントである。

【図8】ビーコンヘッダ及びデータ転送間隔を示す、ビーコン間隔のデータフィールドフォーマットである。

【図9】リレーDMG局（RDS）を介してSTA 1及びSTA 2と通信するAPを示す、802.11adリレーネットワークトポロジーの無線ノード図である。

【図10A】802.11adにおいて利用される、データ中継のためのメッセージシーケンスを示す図である。

40

【図10B】802.11adにおいて利用される、データ中継のためのメッセージシーケンスを示す図である。

【図11】現在の802.11ad mm波システムのリレー選択フローのフロー図である。

【図12】チャネル測定情報のデータフィールドフォーマット図である。

【図13A】本開示の実施形態による、Cat A APと、Cat A RTと、いずれもCat BであるSTA 1及びSTA 2との間を中継する無線ノード図である。

【図13B】本開示の実施形態による、Cat A APと、Cat A RTと、いずれもCat BであるSTA 1及びSTA 2との間を中継するエアタイムセグメントである。

50

【図 1 4 A】本開示の実施形態による、ビーコン間隔（B I）を示すデータフィールドフォーマットである。

【図 1 4 B】本開示の実施形態による、B I 内の中継サービス期間（S P）を示すデータフィールドフォーマットである。

【図 1 5】本開示の実施形態に基づいて利用する M I M O 通信のデータフィールドフォーマットである。

【図 1 6】本開示の実施形態による、アクセスポイント（A P）からの中継を制御するフロー図である。

【図 1 7】本開示の実施形態による、mm波 W L A N の混合 C a t A、C a t B 中継のメッセージシーケンスである。

【図 1 8】本開示の実施形態による、A P 内の意思決定プロセスを例示する無線ノード図である。

【図 1 9】本開示の実施形態に基づいて使用するビームパターン図である。

【図 2 0】本開示の実施形態による、A P 内の意思決定プロセスにおけるビームパターンを示す無線ノード図である。

【図 2 1】本開示の実施形態による、リレー選択における A o A / A o D 及び R S S I （信号強度）指標の使用を示すフロー図である。

【図 2 2】本開示の実施形態による、A P 内のリレーノード選択決定を例示する無線ノード図である。

【図 2 3】図 2 2 に示す C a t B S T A 4 ノード又は C a t S T A 3 ノードを選択したことに応答して利用されるエアertimeを比較したエアertime図である。

【図 2 4】本開示の実施形態による、リレー選択プロセスにおいて装置カテゴリ指標を利用するフロー図である。

【図 2 5】本開示の実施形態による、ノードカテゴリに基づくリレーリンクセットアップ（R L S）のフロー図である。

【図 2 6】本開示の実施形態による、C a t A ハードウェア実施形態のブロック図である。

【図 2 7】本開示の実施形態による、C a t B ハードウェア実施形態のブロック図である。

【図 2 8】本開示の実施形態による、R S S I （信号強度）をエアertimeにマッピングするフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0 0 5 2】

M I M O 能力を中継に利用して複数の通信装置との間で同時にデータを中継する無線通信システム（例えば、mm波 W L A N）について説明する。このアーキテクチャは、典型的にはアクセスポイント（A P）である中央コーディネータからリレーノードまで M I M O ホップを使用した後に、リレーノードから無線クライアントまでマルチユーザ（M U）-M I M O ホップを使用する。リレー選択及びリレーリンクセットアップ（R L S）の効率的かつ予防的方法についても説明する。

【0 0 5 3】

1. 最新の mm 波技術

開示するシステムの詳細を説明する前に、8 0 2 . 1 1 a d 規格などに基づく最新の mm 波 W L A N システムに関するいくつかの態様を理解することが有益と思われる。この規格では M I M O 能力も mm 波 M I M O リレーも利用されておらず、マルチユーザ（M U）M I M O 通信も利用されていないと理解されたい。異なる装置カテゴリも存在しない。

【0 0 5 4】

8 0 2 . 1 1 a d 規格に従う中継プロセスは、一時的なリンクの中断又は障害についてのみ想定される複雑なプロセスである。宛先に通信障害が生じた後にソース駆動プロセスとして中継が行われる。リレーを使用するには、リレー端末を選択する前にソースと B S S における各リレー S T A 候補と宛先との間の通信をスケジューリングすることが必要で

10

20

30

40

50

ある。従って、リレーの選択にかなりのメッセージングオーバーヘッドが費やされ、相当な時間が必要になる。この機構が大部分の動的チャンネル中断状態に大きく役立つとは考えにくい。

【0055】

802.11ad規格で使用される指標はチャンネル測定値に基づき、リレー選択ロジックは指定されず、実装は自由なままである。

【0056】

図7A及び図7Bに、最新のWLANシステム、及び関連するエアertimeセグメントを示す。図示のWLANシステムでは、リレー端末(RT)が局(STA)(STA 1又はSTA 2)からAPに2ホップでデータを転送する。なお、「ホップ」とは、送信機と受信機との間の通信経路の一部を成す2つのノード間の通信(又は通信経路)であると理解されたい。これらのホップでは、リレー端末及びAPのMIMO能力は利用されない。

10

【0057】

図7Bでは、時間帯1及び2が、STA 1からAPへのデータ中継に費やされるWLANエアertimeを表す。同様に、スロット3及び4は、STA 2からAPへのデータ中継に費やされる。さらに、各ソースSTAは、APの支援を受けて個別にリレーリンクセットアップ(RLS)を開始して実行する。従って、各STAは、APに情報を転送するのに2つの時間帯を必要とし、同様にAPから各STAへの逆方向にも2つの時間帯を必要とする。

20

【0058】

図8に、通常は100msになるように選択される「ビーコン間隔」(BI)と呼ばれる継続時間を有する循環構造である802.11adスーパーフレームデータフィールド構造を示す。図示のBIは、ビーコンヘッダ間隔(BHI)及びデータ転送間隔(DTI)から成る。BHIは、最大3つのアクセス期間から成る。(1)ビーコン送信間隔(BTI)は、APによって送信されるビーコンフレームを含む。BTIは、APアンテナセクタのビームフォーミングトレーニングの第1段階としてネットワーク通知(network announcement)に利用される。(2)アソシエーションビームフォーミングトレーニング(A-BFT)は、AP及び局がそのアンテナセクタをトレーニングするために利用する。(3)通知送信間隔(Announcement Transmission Interval: ATI)は、既にネットワークに関連付けられていてビームフォーミングトレーニングを実行したことがある局との間でAPが管理情報を交換する間隔である。

30

【0059】

DTIは、1又は2以上の競合ベースのアクセス期間(contention-based access periods: CBAP)と、局がデータフレームを交換する予定サービス期間(scheduled service periods: SP)とを含む。BTI及びA-BFT中の通信には、範囲を拡大するためにデータレート変調符号化セット(MCS)、最も典型的にはMCS 0が使用されるのに対し、ATI及びその後のDTI中の通信は、効率を改善するビームフォーム通信を含むさらに高度なMCSを用いて行われる。

40

【0060】

図9に、2つのソースSTAが直接又はリレーを用いてAPなどと通信できる最新のWLANシステムを示す。この例では、ソースリレーエンドポイントDMG STA (REDS)と呼ばれるソースSTA及び宛先STAがリレーリンクシステム(RLS)に参加している。従って、リレー端末は、リレーDMG STA (RDS)と呼ばれる。DMGという用語は、指向性マルチギガビット中継を意味する。802.11adにおける従来の中継は、ソースREDSと宛先REDSとの間の直接リンクが分断された場合に通信の信頼性を高めるために利用される。

【0061】

50

図10A及び図10Bに、802.11adにおける中継手順のメッセージングシーケンス例を示す。最も左側の列(図10A)には、最上部の「ビーコン及びBFブートストラッピング」からその後の「アソシエーション」、「能力の交換」及び「ビームフォーミングトレーニング」までを含むステップの高水準記述を示す。左列の第3の区分には、「直接(リレーなし)リンクによるデータ転送」、「ソースによるリレーの開始」及び「リレー発見」という一般的ステップを示す。左下の区分は、「ソースにおける全てのリレー及び宛先からのチャネル測定レポートの収集」、その後の「リレー選択」、「RLS手順」及び最後の「BFトレーニング微調整」という一般的ステップを含む。

【0062】

メッセージシーケンス図の右側部分(図10B)には、アクセスポイント(AP)、ソースREDS(S)、リレーRDS(R)及び宛先REDS(D)間のメッセージを示す。一群のメッセージを取り囲んで示す長円形は、STA1、STA2及びSTA3として示す各STAに最上位ビーコンが送信されることなどの関連する動作を示す。この図の右側のメッセージトラフィックを見れば、この中継手順をサポートするのに必要なメッセージ交換の量が分かる。

10

【0063】

図11に、この最新のmm波通信のための、ソースにおけるリレー選択フローに関与するステップ50を示す。ソースREDS(S)が各リレーにチャネル測定値を要求し(52)、ブロック54において、各リレーがチャネル測定値によって応答する。次に、Sが宛先REDS(D)に各リレーとDとの間のチャネル測定値を要求する(56)。この結果、Sは、ブロック58において1つのリレーをRDSとして選択した後に、ブロック60において、選択したリレー(RDS)及びDとのRLSを要求する。

20

【0064】

図12に、最新のmm波通信のチャネル測定情報フィールドフォーマットを示す。このマルチリレーチャネル応答フレームは、リレーとソースとの間、又は宛先と全てのリレーとの間のリンクにおけるチャネル測定情報を提供する。フィールドフォーマットには5つのフィールドが示されている。ピアSTA A IDサブフィールド(8ビット)は、報告側STAのリンク測定対象であるSTAのアソシエーションアイデンティティ(AID)を含む。SNRサブフィールド(8ビット)は、ピアSTA A IDに対応するSTAに向かうリンクにおいて測定された信号対雑音比(SNR)を示す。内角サブフィールド(7ビット)は、リレー動作に関与する他のSTAに向かう方向間の角度を示す。推奨サブフィールド(1ビット)は、応答側STAがピアSTAによるチャネル測定に基づいてリレー動作を推奨するかどうかを示す。このサブフィールドは、リレー動作が推奨される時には1に設定され、それ以外は0に設定される。将来使用するための予備フィールド(8ビット)も示す。

30

【0065】

従来最新の802.11ad mm波動作に関する上記背景と併せれば、開示する装置及び方法の特徴を容易に理解できるはずである。

【0066】

2. リレー及び中央コーディネータによるMIMOの使用

40

図13Aに、リレー端末(RT)、及び中央コーディネータの役割を果たすアクセスポイント(AP)においてMIMOを使用する無線システムを示す。従って、RT及びAPにおいてMIMOを使用する際には、MIMOが複数の無線ノード間の通信に関連するので、信号処理能力に関して2つの装置カテゴリが生じる。なお、MIMOは唯一の信号処理能力であるが、本開示はMIMO能力に関連するカテゴリ分類に限定されるものではないと理解されたい。図13Aを参照すると、この例のAPはCat A装置であり、ソースSTA無線ノードはCat A装置とCat B装置との混合であり、リレーはCat A装置から選択されることが多い。この例では、リレー端末(RT)がCat A無線ノードである。2又は3以上のCat B STAは、マルチユーザ(MU)-MIMO技術を用いてCat Aリレー端末(RT)との間で同時にデータを送受信する。リレー

50

端末は、S T A 1 及び S T A 2 との間のデータを多重化し、A P との間で M I M O 技術を用いてこれらのデータを送受信する。さらに、A P は、リレー手順を引き起こし、従って一群の S T A の R L S を同時に実行することもできる。なお、中央コーディネータは、ネットワーク上の他の M I M O 対応装置を含むこともできると理解されたい。

【0067】

図13Bには、上記のシナリオの S T A 1 及び S T A 2 のシステムエアータイムを示しており、図7Bに示した現在の最新技術が必要とする時間の約半分である2つのスロット+R L S メッセージングタイムしか必要としないことが分かる。

【0068】

当業者であれば理解するように、無線通信のデータストリームを多重化する能力は、見通し (L O S) M I M O、偏波 M I M O 及びその他の M I M O 技術を利用して空間領域で実行することができる。この方法では、A P が、(a) 中継がいつ必要であるか、(b) どの C a t A S T A がリレーの役割を果たすか、(c) データ多重化のためにどの C a t B S T A を同一グループにするかを決定する。A P は、(a) R S S I、(b) S N R、(c) C a t A / B の能力、(d) 中継能力、(e) 到来角/発射角 (A o A / A o D)、及び (f) 電源接続 (例えば、A C / D C 電源の存在)、といった特性/測定値のうちの1つ又は2つ以上に基づいてこれらの決定を行う。

【0069】

このようなシステムを実装するために、リレー及び A P において M I M O を使用することを単純に選択することはできない。この方法を実現可能にするには、後述するような大幅な相互運用変更が必要になる。

【0070】

開示するシステムは、802.11ad規格におけるスーパーフレームなどのmm波W L A N システムのスーパーフレームの修正を必要とする。

【0071】

図14Aに、本開示において使用する修正されたビーコン間隔 (B I) を示す。この新たな B I の相違点は、最新の802.11adシステムの図8と比較すれば容易に理解される。図14Aでは、図の円で囲んだ中継サービス期間 (S P) が、複数のトレーニングフレーム及びデータ送信フレームを含むように修正されている。

【0072】

図14Bは、フィールドa~j、並びに S T A 1 と S T A 2 とに分割されたkフィールドを示す中継 S P 内のフィールドのさらなる詳細である。

【0073】

このような S P の使用は、以下の通信シナリオを検討することによってさらに理解することができる。A P からリレー S T A への、さらにはその後の宛先 S T A へのダウンリンク送信の実行について検討する。リレー S T A が2つの S T A のデータしか多重化しないと仮定する。

【0074】

中継 S P には、中継 S P のフィールドa~kに示すように以下の内容が存在することができる。(a) A P とリレーとの間のビームフォーミング (B F) 微調整、(b) (M I M O 動作のための) リレーによるチャネル状態情報指標のフィードバック、(c) (T x セクタ及び R x セクタのトレーニングを含む) リレーと S T A 1 との間の B F トレーニング、(d) (T x セクタ及び R x セクタのトレーニングを含む) リレーと S T A 2 との間の B F トレーニング、(e) (M U - M I M O ストリームの事前デジタル符号化に必要な) リレーから S T A 1 へのプロービングシーケンス、(f) S T A 1 によるチャネル状態情報指標のフィードバック、(g) (M U - M I M O ストリームの事前デジタル符号化に必要な) リレーから S T A 2 へのプロービングシーケンス、(h) S T A 2 によるチャネル状態情報指標のフィードバック、(i) リレーによるユーザ間干渉推定のための、S T A 1 及び S T A 2 による同時パイロット送信、(j) M I M O を用いた A P からリレーへのデータ送信、並びに (k) M U - M I M O を用いたリレーから S T A

1 及び S T A 2 へのデータ送信。

【0075】

また、ビーコンヘッダ間隔 (B H I) 期間中に送信される管理フレームを、無線システムにおける M I M O 能力を考慮するように修正する必要がある点も理解しなければならない。

【0076】

図 15 に、管理フレームと共に送信すべき情報要素 (I E) フォーマットで M I M O 装置能力を搬送する修正後の M I M O 情報フィールドフォーマットを示す。少なくとも 1 つの実施形態では、管理フィールドが、M I M O 能力情報フィールドと共に、(I E I D) I E 識別番号と、(長さ) 能力フィールドの長さを含むことができる。この M I M O 情報フィールドは、(M C S レート) サポートされている M C S のデータレート、(最大ストリーム数) 装置がサポートしている最大データストリーム数、(偏波) 二偏波 M I M O がサポートされているか否か、(M U - M I M O) マルチユーザ (M U) M I M O がサポートされているか否か、(ビーム結合) ビーム結合能力がサポートされているか否か、そしてサポートされている場合にはどれだけのビームを結合できるか、(M I M O トレーニング) M I M O トレーニングシーケンスのサポート、ユーザ間干渉推定に使用されるシーケンスなどを含む (M U - M I M O) マルチユーザ (M U) - M I M O の独占的トレーニングフィールドがサポートされているか否か、を含むことができる。当業者であれば、本開示の教示から逸脱することなく上記を修正してフィールドを追加又は削除することもできると理解するであろう。

【0077】

B I 中の詳細な通信シーケンスは以下の通りである。(a) ビーコン送信間隔 (B T I) 期間中に、A P がシステムの最低データレート (M C S 0) でビーコンを送信する。(b) これらのビーコンが、M C S 0 の送信範囲内にある S T A に届く。(c) アソシエーション B F トレーニング (A - B F T) 期間の開始時に、S T A がアソシエーションを求めて争う。(d) S T A 及び A P が、アソシエートされた時点で簡単なビームフォーミング (B F) トレーニングを実行する。(e) A - B F T 期間中に、A P が、R S S I 又は受信 S N R、C a t A 又は C a t B 装置の能力、及び各局の A o A / A o D の推定値を求めることができる。(f) その後の通知送信間隔 (A T I) 中に、A P が、アソシエートされた局との間で限られた管理フレームを交換することができる。これらのフレームは、局の中継能力及びモビリティに関する指示を与える A C / D C 電源フラグを A P に知らせる。これらのフレームは、A o A / A o D 推定のさらなる微調整に使用することもできる。(g) A P が、A - B F T 及び A T I 期間中に推定された指標に基づいて、上述したデータの中継に関する決定を行う。(h) A P が、リレーを用いたデータ通信を行うべきサービス期間 (S P) をスケジュールする。(i) 中継 S P の開始時には、リレー決定の有効性を確認し、リレーと A P との間のさらなる M I M O 通信トレーニングを行い、リレーと S T A との間の U L / D L M U - M I M O 通信トレーニングを行うように、B F トレーニングの微調整 (B R P) を必要とする。(j) 最後に、リレーを用いてデータ通信を行い、A P 及び S T A において通信成功 / 失敗についての確認応答を受け取る。

【0078】

図 16 及び図 17 に、A P 決定フローロジック (図 16) と、このロジックの詳細なメッセージングシーケンス (図 17) とによって上記の中継手順を要約する。

【0079】

図 16 のフローロジック実施形態 70 では、A P が、ビーコンを送信した (72) 後に、S T A との間でアソシエーション要求 / アソシエーション応答を送受信する (74)。A P は、S T A から装置の能力を受け取り (76)、この時点で S T A とのビームフォーミング (B F) トレーニングを開始する (78)。次に、A P は、中継が必要か否かを判断する (80)。A P は、中継が不要であると判断した (例えば、宛先 S T A が十分に範囲内に収まる) 場合、S T A 通信をスケジュールし (82)、これを A T I 中に送信してこのシーケンスを終了する (84)。

【0080】

一方で、中継が必要である（例えば、宛先が範囲のエッジ付近に存在する）と判断した場合、APは、STAから指標を受け取ったことに基づいてリレー選択ロジックを実行する（86）。次に、APは、選択されたRT（リレー端末）及び割り当てられたSTAになるべきノードを通知する（88）。APは、AP、RT及びSTA間におけるデータ交換のためのSPをスケジュールし（90）、AP及びRTは、微調整されたBFトレーニング及びデータ交換を開始し92、その後にこのシーケンスを終了する94。

【0081】

図17には、上記のためのメッセージングシーケンスを示す。最も左側の列には、最上部の(BTI)「ビーコン及びBFブートストラッピング」からその後の(A-BFT)「アソシエーション」、「ビームフォーミングトレーニング」までを含むステップの高水準記述を示す。左列の第3の区分には、「能力の交換」、「リレー(STA 1)選択」、及び「RLS SPの通知」という一般的なATIステップを示す。左下の列は、「BFトレーニングの微調整」、「BFトレーニング」、その後の「第1のホップデータ転送」、「第2のホップデータ転送」などの一般的なDTIステップを含む。

【0082】

なお、メッセージシーケンス図の右側部分には、アクセスポイント(AP)、STA 1、STA 2及びSTA 3間のメッセージを示す。一群のメッセージを取り囲む長円形は、STA 1、STA 2及びSTA 3として示す各STAに最上位ビーコンが送信されることなどの関連動作を示す。APは、まずネットワーク内のSTAとの間でビーコン、アソシエーション要求及びアソシエーション応答を交換する。アソシエーションが上手くいった後に、MIMO能力情報及びBFトレーニングに必要なメッセージ交換が行われる。APは、リレー選択の決定に役立つさらなる情報をSTAに要求することができる。STAは、中継能力フラグ状態及びAC/DC電源能力を含む何らかの指標で応答する。APは、リレーSTAとして選択されたSTA（これは図17ではSTA 1である）を通知し、選択されたリレーSTAから確認を受け取る。その後、リレーSTA（一例として、STA 1）、STA 2及びSTA 3を含む中継フェーズに参加する各STAにリレーリンクセットアップ(RLS)及び中継SPのタイミングの通知が送信される。さらに、APと選択されたリレーSTAとの間のBFトレーニングを微調整するためにメッセージ交換が必要になることもある。MU-MIMO動作に必要なトレーニングメッセージを含むリレーSTAと宛先STAとの間の別のBFトレーニングメッセージは持ち越される。最後に、APとリレーSTAとの間で1ホップでデータが交換され、リレーSTAとSTA 2及びSTA 3との間でもう1ホップで同時にデータが交換される。図17のメッセージングシーケンスは、図10の最新のmm波802.11adについて上述したものとは全く異なることが容易に分かる。

【0083】

図18に、シナリオ110及びAPにおける意思決定ロジックの実施形態例を示す。このシナリオでは、(a)1つの基本サービスセット(BSS)内で6つの局がAPに関連し、(b)この例の4つの局はCat B STAであり、これらのSTAのうちの2つはAPに近く、他の2つはAP通信範囲の遠い所に存在する（これよりも後では、データ通信に使用されないMCS 0であってもAPとの通信は不可能である）。局のうちの2つ(STA 3及びSTA 4)はCat A STAである。これらの両局では、中継能力フラグ及びAC電源フラグがONである。なお、この実施形態のAC電源フラグは、(1)低モビリティ又はモビリティゼロ、従ってリレーSTAに関与するリンクの品質に伴って変化が生じる可能性が低いことを示し、(2)中継がリレーSTAのエネルギー消費に影響せず、例えばシステムが考慮すべきバッテリー寿命の問題が存在しないことを示すように構成される。

【0084】

図19には、ビームフォーミングによって制御できる放射ローブを含むAPからのビームパターンを限定ではなく一例として示す。この図では、最良のビーム（所与のシナリオ

10

20

30

40

50

に合わせて最適化された方向)に、STA 1及びSTA 2の両方に向かうものとしてマークを付けている。STA 1及びSTA 2は、いずれもAPから離れているので、これらのSTAとはリレーを用いてデータを通信することが好ましい。

【0085】

図20には、図18のシナリオ110におけるAPからSTA 1及びSTA 2へのビーム経路範囲及び方向を破線で示す。APとネットワーク局との間のBFトレーニング中には、AoA/AoD及びRSSIの粗い推定を行うことができる。各STAは、粗いAoD(AoA)指示を提供するSTAにAPの最良の送信ビームをフィードバックする(この逆も同様)。ATI中には、管理フレームを用いてRSSIの交換と微調整とが行われる。また、APにおいてアレイ信号処理アルゴリズム(例えば、MUSIC)を実行することによってAoAのさらなる微調整も可能である。

10

【0086】

AoA推定は、Cat B STAのリレー候補及びグループを選択する際にRSSI支援と共に以下のように行われる。STA 3及びSTA 4のRSSI値は、STA 1及びSTA 2のRSSI値のほぼ中間範囲にある。さらに、STA 3及びSTA 4からのAoA/AoD推定は、いずれもAPに対するこれらのSTAの位置をSTA 1及びSTA 2と同じ側に示す。また、STA 3及びSTA 4は、Cat A装置であることにより、STA 1及びSTA 2のための有望なリレー候補となる。細かなAoA/AoD推定は、リレー選択に関する疑念を解消する。

【0087】

20

図示のように、X度のAoA/AoD推定精度を想定する。STA 4のAoA/AoDは $(180 \pm D)$ 度であり、STA 1は $(160 \pm D)$ 度である。STA 2は $(210 \pm D)$ 度であり、これらは全てAPに対する角度である。一方で、STA 3のAPに対するAoA/AoDは $(260 \pm D)$ 度である。

【0088】

この時、APにおけるロジックは、STA 1及びSTA 2とは異なる角度経路上にあるSTA 3の位置と比べてSTA 1及びSTA 2の両方に対して中心位置に存在するという理由でSTA 4を選択すると決定する。従って、APは、STA 4をSTA 1及びSTA 2のリレー端末として選択し、この決定をATI中に通知する。

【0089】

30

図21に、AoA/AoD及びRSSI指標をリレー選択に使用する実施形態130を示す。このフロー図では、ブロック132に示すように、APが、受け取った関連する要求に基づいてBSS内のSTAの粗いRSSIを求める。APは、RSSIがX未満であるSTAのリストを保存する(134)。なお、X、Y及びZの値は、特定の実装の詳細に従って決定される閾値である。表1に、X、Y及びZの値を選択する一例を示す。

【0090】

APは、ブロック136において、初期BFトレーニングを実行し、BFトレーニングを実行したSTAの粗いAoDを求めた後に、前回のリスト内のSTAにタプル(STA ID、RSSI及びAoD)を加えた第1のリスト(リスト#1)を準備し(138)、その後にSTAから中継能力情報を受け取る(140)。

40

【0091】

中継フラグがオンになったSTAが存在するかどうかを判定する(142)。存在しない場合にはブロック144が実行され、このスーパーフレーム中に中継は行われない。少なくとも1つのSTAの中継フラグがオンである場合、APは、ブロック146において、タプル(リレーID、RSSI、AoD)を含む第2のリスト(リスト#2)を準備する。ブロック148において、第1のリスト(リスト#1)内の各STAについて、 $RSSI(2) = RSSI(1) \pm Y$ & $AoD(2) = AoD(1) \pm Z$ という条件を満たすリレーが第2のリスト(リスト#2)内に存在するかどうかの判断を行い、ここでのRSSI(1)は、List #1内のSTAのRSSIであり、RSSI(2)は、List #2内のリレー候補のRSSIであり、AoDについても同様である。この条件を満

50

たすリレーが存在しない場合、実行はブロック144に進み、このスーパーフレームにおいて中継は行われない。そうでない場合、実行は判定150に進んで、特定のSTAのリレー候補が複数存在するかどうかを判定する。複数の候補が存在する場合には、値Y及びZに対して $Y = Y - \Delta Y$ 及び $Z = Z - \Delta Z$ などの増分調整を行い、条件を満たすリレーを探し求めてブロック148に戻る。リレー候補が1つしか存在しない場合、実行はブロック152に進み、APが、第1のリスト(List #1)内のSTA毎の選択されたリレーのリストを最終決定する。

【0092】

図22に、上述した指標の組み合わせの別の使用例を示す。図22には、APと、STA1、STA2、STA3及びSTA4とを含むシナリオを示す。AP及びSTA3はCat Aであり、STA1、STA2、STA4はCat Bである。1つの通信経路を実線で示し、別の通信経路を破線で示す。

10

【0093】

このシナリオ例では、AoA/AoD及びRSSI指標が、STA4がリレー端末としての選択に適する旨を示す。しかしながら、STA4はCat B装置であり、Cat Bリレーを用いてSTA1及びSTA2からAPへのデータ通信トランザクションを終えるのに必要なエアertimeは、Cat Aリレーを用いた場合の約2倍である。APロジックは、APからCat A STA3への個々のリンク上でサポートされているデータレートが、Cat B STA4のものよりもわずかに低いだけであるかどうかをチェックする。そうである場合、APは、スペクトル効率をネットワーク規模で改善するようにSTA3(Cat A装置)をリレー端末として選択する。

20

【0094】

図23に、上側のエアertimeブロックにおける、STA3(Cat A)をAPからのリレーとして使用した場合と、下側のエアertimeブロックの行に示す、STA4(Cat B)をAPからのリレーとして使用した場合とを比較した、上記のシナリオのエアertime比較を示す。たとえいくつかの例においてCAT AのリレーリンクがCAT Bのリレーリンクよりも劣っていて、例えばSNRが低いとしても、STA3をリレーに使用した時にはエアertimeが減少することが分かる。

【0095】

図24に、装置カテゴリ指標を利用してリレー選択を行う実施形態170を示す。APは、APが中継の必要性を推定する各STAのリレー候補のリストを準備する(172)。特定のSTAのリレー候補が複数存在するかどうかを判定する(174)。複数存在しない場合、ブロック176において、APは、STA毎の選択されたリレーのリストを最終決定する。これとは別に、1つの候補しか見つからなかった場合、ブロック178において、特定のSTAのリレー候補の異なる装置カテゴリが存在するかどうかを判定する。存在しない場合、ブロック180が実行されて、APがAoD及びRSSI指標に基づいて選択をさらに微調整し、STA毎の選択されたリレーのリストを最終決定する。一方で異なる装置カテゴリが存在する場合には、ブロック182に進んでAPがリレー候補のRSSI及びBF利得に基づいて判定を行い、STAが中継動作に関連するリンクのMCS指数を推定してこれをエアertimeにマッピングする。

30

40

【0096】

その後、ブロック184において、Cat Aリレーを使用した場合に中継のためのエアertimeが減少するかどうかを判定する。Cat Aを使用した時に必要なエアertimeが減少する場合、実行はブロック188に進んで、APがSTA毎の選択されたリレーのリストを最終決定し、中継にMU-MIMO能力を利用する。Cat Aリレーを使用してもエアertimeが減少しないと推定される場合、実行はブロック186に進んで、APがSTA毎の選択されたリレーのリストを最終決定し、中継にMIMO能力を使用しない。ブロック184においてCat Aがエアertimeを減少させるはずであると推定される場合、実行はブロック188に分岐して、APがSTA毎の選択されたリレーのリストを最終決定し、中継にMU-MIMO能力を利用する。

50

【0097】

図25に、リレーSTAのフローロジックの実施形態190を示す。ブロック192において、リレーSTAが、APに中継能力及び装置カテゴリ能力を転送する。次に、リレーSTAは、APからのリレー選択確認要求に応答し(194)、APからRLS通知を受け取って処理する(196)。ブロック198において、選択されたリレーSTAがCat A局であるかどうかを判定する。Cat Aでない場合、ブロック200において、Cat Bリレーに対してアナログBFトレーニングが行われた後に、Cat BリレーがアナログBFスキームを導出する(202)。アナログBFスキームを実装する1つの方法は、アナログ位相シフトに適切な重みを適用して、BFトレーニング中にAP及びSTAによって最良のBFセクタとして報告されたセクタに送信ビームをステアリングすることである。ブロック198において、選択されたリレーがCat Aであると判定された場合、実行はブロック204に分岐して、このリレーがAP及び宛先STAとの間でBFトレーニングを含むSPを中継し始める。このCat Aリレーでは、アナログBFトレーニング及びベースバンドMIMOチャネルプロービングの両方が行われる。その後、リレーSTAが、宛先STAからトレーニングフィードバックを受け取る(206)。リレーは、MIMO及びMU-MIMOスキームのアナログBFスキーム及び事前符号化指標を導出する。その後、Cat AリレーSTAは、AP通信にはMIMOスキームを用いて、2又は3以上のSTAとの通信にはMU-MIMOスキームを用いてデータ転送を開始する(208)。

10

【0098】

20

図26に、アクセスポイント、リレー端末及びクライアント端末のCat Aハードウェア機能の実施形態例210を示す。データソース212が、送信機(TX)データプロセッサ214に結合され、送信機(TX)データプロセッサ214が、スケジューラ及びリレーロジックの組み合わせ216と、TX空間プロセッサ224とに結合される。受信機側では、復調器232nから、データシンク218に結合された受信機(RX)データプロセッサ220に結合された受信機(RX)空間プロセッサ226に信号が受け取られる。RXデータプロセッサ220及びRX空間プロセッサ226は、コントローラ222にデータを供給し、コントローラ222は、TXデータプロセッサ214及びTX空間プロセッサ224に出力を行う。コントローラ222は、スケジューラ/リレーロジック216及びメモリ228にも結合される。アンテナ236aを含む第1のアナログ空間プロセッサ234aに結合された第1の変調器230a及び第1の復調器232aによって示すように、変調器/復調器の対がアナログ空間プロセッサ入力/出力に結合され、これらの要素は、あらゆる所望の数の入力/出力について、変調器230n、復調器232n、アナログ空間プロセッサ234n及びアンテナアレイ236nに至るまで重複する。

30

【0099】

図27に、アクセスポイント、リレー端末及びクライアント端末のCat Bハードウェア機能の実施形態例250を示す。この実施形態例は、Cat Aハードウェアで見られるハードウェアの一部であり、従って以下は反復のように思われると理解されるであろう。データソース252が、送信機(TX)データプロセッサ254に結合され、送信機(TX)データプロセッサ254が、スケジューラ及びリレーロジックの組み合わせ256に結合される。TX空間プロセッサは存在しない。受信機側では、アナログ空間プロセッサ274のアンテナ276から復調器272に、そしてデータシンク258に結合された受信機(RX)データプロセッサ260に結合された受信機(RX)空間プロセッサ264に信号が受け取られる。RXデータプロセッサ260及びRX空間プロセッサ264は、コントローラ262にデータを供給し、コントローラ262は、TXデータプロセッサ254に出力を行う。コントローラ262は、スケジューラ/リレーロジック256及びメモリ266にも結合される。この単入力単出力Cat B装置のアレイでは、変調器270及び復調器272と共に利用される1対の変調器/復調器が、アンテナ276を含むアナログ空間プロセッサ274に結合される。

40

【0100】

50

上記の図 2 6 及び図 2 7 の実施形態は、いずれもアクセスポイント (A P) のハードウェアについて説明したものであり、クライアント端末又はリレー端末のハードウェアは、同じ基本ハードウェアを用いて、ただしスケジューラ／リレーロジック (図 2 6 の要素 2 1 6 及び図 2 7 の要素 2 5 6) を省いて実装することができる。従って、本開示によれば、Cat A クライアント端末又はリレー端末は、図 2 6 のハードウェアを用いて、スケジューラ／リレーロジック 2 1 6 を含まずに実装することができる。同様に、本開示によれば、Cat B クライアント端末又はリレー端末は、図 2 7 のハードウェアを用いて、スケジューラ／リレーロジック 2 5 6 を含まずに実装することができる。

【0101】

図 2 8 に、RSSI をエアertime にマッピングする実施形態例 2 9 0 を示す。以下は、図 2 4 のブロック 1 8 2 に示すような RSSI をエアertime にマッピングする説明を拡張したものである。H = プリアンブル及びヘッダのための固定継続時間と想定され、これらはデータレートとは無関係である。シングルキャリア (SC) PHY 送信を想定することができ、OFDM PHY にも同じロジックを適用することができる。この場合、MIMO STA のエアertime と SISO STA のエアertime との差分がデータパケット時間に含まれる。X = STA 又はリレーにおいて受け取られる RSSI と想定されるが、これは必要性及び用途に合わせて望むように修正することができる。MCS (X) は、X の RSSI において受け取られる信号に想定される変調指数になるように定義したが、これも望むように修正することができる。P の固定ペイロードサイズ (バイト) を想定しており、これも望むように修正することができる。

【0102】

上記の条件下で AP から STA にデータパケットを送信するのに必要なこのエアertime の決定が、以下のように RSSI からマッピングされる。(a) 8 0 2 . 1 1 a d 規格では、感度テーブルから MCS (X) を発見する。表 2 は、受信機感度の表であり、表 3 には、SC の変調及び符号化スキームを列挙する。MCS (X) は、表 2 から求められる必要最大感度に対応する MCS である。表 3 は、MCS (x) をデータレート Z (Mbps) にマッピングする際に使用される。1 つのリンクのエアertime は、 $H + P * 8 / Z$ として計算される。末端間エアertime は、SISO (一般に Cat B) リレー及び Cat A リレーについて個々のリンクのエアertime の和として求められる。

【0103】

次に、図 2 8 の特定のステップを参照すると、ブロック 2 9 2 において変数を初期化して、変数 X を STA 又はリレーにおいて受け取られる RSSI に設定し、P をペイロードのサイズに設定し、H をヘッダ + プリアンブルの継続時間として設定し、K を空間の自由度を表すように設定し、K = 1 は、単入力単出力 SISO を表す。ブロック 2 9 4 において、受信 (Rx) 感度を (例えば、指数として) 利用して、ルックアップテーブル (LUT)、計算又はその他の決定などを利用して $Y = MCS(X)$ を求める。この MCS 指数を用いて、別の LUT 又は他の機構などを通じて $Z = K * rate(Y)$ の値を求める (2 9 6)。次に、ブロック 2 9 8 において、 $T_i = f(Z)$ の値を、リンク「i」当たりのエアertime である $T_i = H + (8 * P / Z)$ として定義する。次に、SISO リレー (Cat B) を用いた場合の末端間エアertime を以下のように推定し (3 0 0)、

【数 1】

$$Asiso = 2 * T_j + \sum_{i=1}^{i=2} T_i$$

ここでの T_j は、AP からリレーへのエアertime である。次に、MIMO リレー (例えば、Cat A) を用いた場合の末端間エアertime を以下のように推定する (3 0 2)。

【数 2】

$$Amimo = T_j + \min_{i=1,2} T_i$$

【0104】

以下、図 2 2 に示すトポロジーに関する例について説明する。上述した方程式と、MCS 感度と、レート表とを利用して、(SISO を想定した) Cat B リレーのエアertime と、Cat A (MIMO) リレーのエアertime とを比較することができる。ペイロードサイズ $P = 1500$ バイト、SC 送信のヘッダ+プリアンプル継続時間 $= 2.37 \mu s$ と想定する。MIMO AP 及びリレーは、空間次元において $K = 2$ の自由度を提供する(すなわち、このリンクは、理想的には SISO STA を含むリンクと比べてデータレートを 2 倍にすることができる)と想定する。

【0105】

X1: AP から送信された信号による STA 4 の $RSSI = -53.5 \text{ dBm}$ であり、この時、 $MCS(X1) = 11$ 、及び $Z1 = 3850 \text{ Mbps}$ である。

10

【0106】

X2: AP から送信された信号による STA 3 の $RSSI = -56 \text{ dBm}$ であり、この時、 $MCS(X1) = 10$ 、及び $Z2 = K * 3080 = 2 * 3080 = 6160$ である。

【0107】

X3: STA 4 から送信された信号による STA 1 の $RSSI = -53.5 \text{ dBm}$ であり、この時、 $MCS(X1) = 11$ 及び $Z3 = 3850 \text{ Mbps}$ である。

【0108】

X4: STA 4 から送信された信号による STA 2 の $RSSI = -53.5 \text{ dBm}$ であり、この時、 $MCS(X1) = 11$ 及び $Z4 = 3850 \text{ Mbps}$ である。

20

【0109】

X5: STA 3 から送信された信号による STA 1 の $RSSI = -63 \text{ dBm}$ であり、この時、 $MCS(X1) = 6$ 及び $Z5 = 1540 \text{ Mbps}$ である。

【0110】

X6: STA 3 から送信された信号による STA 1 の $RSSI = -60 \text{ dBm}$ であり、この時、 $MCS(X1) = 8$ 及び $Z6 = 2310 \text{ Mbps}$ である。

【0111】

SISO リレーの末端間ペイロードエアertime 推定: $4 * 2.37 + 1500 * 8 * ((1/3835) + (1/3850) + (1/3850) + (1/3850)) = 21.95 \mu s$ である。

30

【0112】

MIMO リレーの末端間ペイロードエアertime 推定: $2 * 2.37 + 1500 * 8 * ((1/6160) + (1/1540)) = 14.5 \mu s$ であり、STA 3 から STA 1 及び STA 2 への MU-MIMO リンクでは、最も遅いリンク速度によってエアertime が決まる。従って、この例(図 2 2)では、リレー選択ロジックが、エアertime を約 34% 減少させるという理由で Cat A リレーを使用すると決定する。

【0113】

上述した実施形態については、いくつかの追加要素を検討すべきである。リレー決定ロジックは、AP などのシステム制御点内に存在する。初期リレー選択決定では、リレー候補と STA との間に直接通信が、従って BF トレーニングが必要ないことによってかなりのエアertime が節約され、その量は、ネットワーク内の見込まれるリレーの数に比例する。この中継決定方法は、データ送信間隔(DTI)の開始前に決定が行われるため予防的である。これらの説明は、STA をグループ化してリレー端末を選別するために使用されるロジック例を提供し、このロジック例から所望の用途に従ってアルゴリズムを作成することができる。設計者であれば、上述した指標の組み合わせを利用するための独自のアルゴリズムを決定することもできる。例えば、AP が、中継される各 STA に対してリレー候補の到来角が重複すると判断した場合には、高レベルの MU-MIMO 干渉が発生してこのリレー候補端末が選択されるのを妨げることがある。

40

【0114】

本開示の実施形態は、無線システムにおける MIMO 通信及び予防的リレー選択を利用

50

して、無線システムにおける実践的なスペクトル効率の高いデータ中継を提案する。

【0115】

本開示は、現在の無線システムを凌ぐ複数の利点をもたらす。開示するシステムは、ソース送信の前にリレー選択プロセスを開始するため予防的であるのに対し、以前のシステムでは、リンク障害が生じた後にしかリレー選択が開始されない。開示するシステムは、従来のシステムのように専用の事前に定められたメッセージング指標からではなく、リレー選択にメッセージング及びBFトレーニングフレームを使用する点で効率的である。開示するシステムは、各リレー候補とソース／宛先との間に特化したチャネル測定値を使用せずに入力指標を用いてリレー選択ロジックを実行するため事実上予測的であるのに対し、従来のシステムは、各リレー候補とソース／宛先との間に特化したチャネル測定値を交換した後にリレーを選択する応答専用モードで動作する。開示するシステムは、各リレー候補を用いたリレー選択の前ではなく、選択されたリレーを用いたデータ転送のみのために中継SPをスケジューリングし、選択されたリレーを用いた実際のデータ転送のために後でSPをスケジューリングするので、スーパーフレームの送信に関して効率的である。

10

【0116】

提示した技術において説明した強化は、様々な無線システム技術及びプロトコル（規格）において容易に実装することができる。また、無線ノードは、1又は2以上のコンピュータプロセッサ装置（例えば、CPU、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、コンピュータ対応ASICなど）及び命令を記憶する関連するメモリ（例えば、RAM、DRAM、NVRAM、FLASH、コンピュータ可読媒体など）を含むように実装されることにより、メモリに記憶されてプロセッサ上で実行可能なプログラム（命令）が、本明細書で説明した様々なプロセス法のステップを実行することが好ましいと理解されたい。

20

【0117】

当業者であれば、無線通信を伴うステップを実行するプロセッサベースの回路の使用を認識しているため、図には簡略化のためにコンピュータ装置及びメモリデバイスを示していない。提示した技術は、メモリ及びコンピュータ可読媒体が非一時的であり、従って一時的電子信号を構成しない限り、これらに関して限定するものではない。

【0118】

本明細書では、コンピュータプログラム製品としても実装できる、本技術の実施形態による方法及びシステム、及び／又は手順、アルゴリズム、ステップ、演算、数式又はその他の計算表現のフローチャートを参照して本技術の実施形態を説明することができる。この点、フローチャートの各ブロック又はステップ、及びフローチャートのブロック（及び／又はステップ）の組み合わせ、並びにあらゆる手順、アルゴリズム、ステップ、演算、数式、又は計算表現は、ハードウェア、ファームウェア、及び／又はコンピュータ可読プログラムコードの形で具体化された1又は2以上のコンピュータプログラム命令を含むソフトウェアなどの様々な手段によって実装することができる。理解されるように、このようなあらゆるコンピュータプログラム命令は、以下に限定されるわけではないが、汎用コンピュータ又は専用コンピュータ、又は機械を生産するための他のあらゆるプログラマブル処理装置を含む1又は2以上のコンピュータプロセッサ上によって実行して、コンピュータプロセッサ又は他のプログラマブル処理装置上で実行されるコンピュータプログラム命令が、（単複の）特定される機能を実施するための手段を生み出すようにすることができる。

30

40

【0119】

従って、本明細書で説明したフローチャートのブロック、並びに手順、アルゴリズム、ステップ、演算、数式、又は計算表現は、（単複の）特定の機能を実行する手段の組み合わせ、（単複の）特定の機能を実行するステップの組み合わせ、及びコンピュータ可読プログラムコード論理手段の形で具体化されるような、（単複の）特定の機能を実行するコンピュータプログラム命令をサポートする。また、本明細書で説明したフローチャートの各ブロック、並びに手順、アルゴリズム、ステップ、演算、数式、又は計算表現、及びこれらの組み合わせは、（単複の）特定の機能又はステップを実行する専用ハードウェアベ

50

ースのコンピュータシステム、又は専用ハードウェアとコンピュータ可読プログラムコードとの組み合わせによって実装することもできると理解されるであろう。

【0120】

さらに、コンピュータ可読プログラムコードロジックなどの形で具体化されるこれらのコンピュータプログラム命令を、コンピュータプロセッサ又は他のプログラマブル処理装置に特定の態様で機能するように指示することができる1又は2以上のコンピュータ可読メモリ又はメモリデバイスに記憶して、これらのコンピュータ可読メモリ又はメモリデバイスに記憶された命令が、(単複の)フローチャートの(単複の)ブロック内に指定される機能を実施する命令手段を含む製造の物品を生産するようにすることもできる。コンピュータプログラム命令をコンピュータプロセッサ又は他のプログラマブル処理装置によって実行し、コンピュータプロセッサ又は他のプログラマブル処理装置上で一連の動作ステップが実行されるようにしてコンピュータで実施される処理を生成し、コンピュータプロセッサ又は他のプログラマブル処理装置上で実行される命令が、(単複の)フローチャートの(単複の)ブロック、(単複の)手順、(単複の)アルゴリズム、(単複の)ステップ、(単複の)演算、(単複の)数式、又は(単複の)計算表現に特定される機能を実施するためのステップを提供するようにすることもできる。

10

【0121】

さらに、本明細書で使用する「プログラム」又は「プログラム実行文」という用語は、本明細書で説明した1又は2以上の機能を実行するために1又は2以上のコンピュータプロセッサが実行できる1又は2以上の命令を意味すると理解されるであろう。命令は、ソフトウェア、ファームウェア、又はソフトウェアとファームウェアとの組み合わせで具体化することができる。命令は、装置の非一時的媒体に局所的に記憶することも、又はサーバなどに遠隔的に記憶することもでき、或いは命令の全部又は一部を局所的に又は遠隔的に記憶することもできる。遠隔的に記憶された命令は、ユーザが開始することによって、或いは1又は2以上の要因に基づいて自動的に装置にダウンロード(プッシュ)することができる。

20

【0122】

さらに、本明細書で使用するプロセッサ、コンピュータプロセッサ、中央処理装置(CPU)及びコンピュータという用語は、命令、並びに入力/出力インターフェイス及び/又は周辺装置との通信を実行できる装置を示すために同義的に使用されるものであり、プロセッサ、コンピュータプロセッサ、CPU及びコンピュータという用語は、単一の又は複数の装置、シングルコア装置及びマルチコア装置、及びこれらの変種を含むように意図するものであると理解されるであろう。

30

【0123】

本明細書の説明から、本開示は、限定ではないが以下の内容を含む複数の実施形態を含むことができると理解されるであろう。

【0124】

1. 複数の通信装置間でデータを中継する指向性送信を行う無線通信システムであって、(a)前記システムにおける少なくとも1つの中央無線コーディネータノードと、(b)前記システムにおける複数の無線ノードとを備え、(c)前記複数の無線ノードの各無線ノードは、該各無線ノード間で通信を行うための第1のレベル又は第2のレベルの信号処理能力を提供し、(d)前記中央コーディネータ無線ノードは、前記複数の無線ノードの信号処理能力のレベル、並びに前記複数の無線ノードと前記中央無線コーディネータとの間の通信特性に基づいて、前記複数の無線ノードのうちの1つを、前記システムにおける前記無線ノードのうちの2又は3以上の無線ノード間のリレーノードとして選択し、(e)前記中央コーディネータ無線ノードから前記リレーノードへのMIMOホップを形成した後に、前記リレーノードから2又は3以上のクライアントとしての無線ノードへのマルチユーザ(MU)MIMOホップを形成したことに応答して、多入力多出力(MIMO)通信を行うように構成された前記中央コーディネータ無線ノードと2又は3以上の無線ノードとの間で前記リレーノードを介してデータ通信が行われる、無線通信システム。

40

50

【0125】

2. 複数の通信装置間の通信を中継するように構成された指向性送信を行う無線通信システムであって、(a) 前記システムにおいて多入力多出力(MIMO)通信を行うように構成された少なくとも1つの中央無線コーディネータと、(b) 前記システムにおける複数の無線ノードとを備え、各無線ノードは、該各無線ノード間で通信を行うための第1のレベル又は第2のレベルの信号処理能力を提供し、(c) 前記中央無線コーディネータは、前記複数の無線ノードのうちの1つを、前記システムにおける2又は3以上の無線ノード間のリレーノードとして選択し、(d) 前記中央無線コーディネータは、前記ノードの信号処理能力レベル及び既存の通信特性に基づいて、データ送信前にリレーノードの選択を行い、(e) 2又は3以上の前記通信特性は、信号強度測定値、中継能力、到来角(AoA)/発射角(AoD)、及びAC又はDC電源の存在から成る一群の特性から選択される、無線通信システム。

10

【0126】

3. 複数の無線ノード間の通信を同時中継するように構成された無線ネットワーク装置であって、(a) 少なくとも1つのアクセスポイント(AP)を含む無線ノードと無線ネットワークを介して通信する多入力多出力(MIMO)通信を行うように構成された中央コーディネータ無線ノードを備え、(b) 前記無線ノードは、多入力多出力(MIMO)通信をサポートする第1カテゴリの無線ノードと、MIMOをサポートしない第2カテゴリの無線ノードとの組み合わせを含み、(c) 前記中央コーディネータ無線ノードは、無線ノードのカテゴリ、信号強度及び推定エアータイムを含む通信特性に基づいて、前記無線ノードのうちの1つを、少なくとも1つの前記APと前記無線ノードのうちのいずれか1つの無線ノードとの間のリレーノードとして選択し、(d) 前記APは、複数のトレーニングフレーム及びデータ送信フレームを含むスーパーフレーム構造内の中継サービス期間(SP)を利用し、(e) 前記APは、RLSメッセージングオーバーヘッドを低減することを目的として前記複数の無線ノードのうちの2又は3以上の無線ノードとの同時リレーリンクセットアップ(RLS)プロセスを開始し、(f) 前記APから前記リレーノードへのMIMOホップを形成した後に、前記リレーノード及び宛先無線ノード(クライアント)からのマルチユーザ(MU)MIMOホップを形成したことに応答して、前記APと宛先無線ノードとの間で前記リレーノードを介してデータ通信が行われる、装置。

20

【0127】

4. 前記第2カテゴリの無線ノードは、2つの独立したデータ通信チェーンのみをサポートし、又は単入力単出力(SISO)通信における1つのチェーンのみをサポートするように構成される、前述のいずれかの実施形態に記載の装置。

30

【0128】

5. 前記宛先無線ノード(クライアント)とのデータ通信セッションの前に、前記中央コーディネータによって無線ノードがリレーノードとして選択される、前述のいずれかの実施形態に記載の装置。

【0129】

6. ビーコンヘッダ間隔(BHI)中に、MIMO能力の使用を制御する管理フレームが利用される、前述のいずれかの実施形態に記載の装置。

40

【0130】

7. 前記管理フレームは、情報要素(IE)フォーマットでMIMO装置の能力を伝える、前述のいずれかの実施形態に記載の装置。

【0131】

8. 信号強度の前記通信特性は、前記受信信号強度インジケータ(RSSI)の信号強度測定値及び信号対雑音比(SNR)から選択される、前述のいずれかの実施形態に記載の装置。

【0132】

9. 前記通信特性は、(a) Cat A/Cat B能力、(b) 中継能力、(c) 到来角(AoA)/発射角(AoD)、及び(d) AC又はDC電源の存在から成る一群の

50

特性から選択された1又は2以上の指標をさらに含む、前述のいずれかの実施形態に記載の装置。

【0133】

10. 前記中継サービス期間 (SP) のフィールドは、(a) APと前記リレーとの間のビームフォーミング (BF) 微調整を含み、(b) 前記リレーによってMIMO動作のチャンネル状態情報指標がフィードバックされ、(c) 前記リレーと第1の局 (STA 1) との間で、Tx及びRxセクタトレーニングを含むBFトレーニングが行われ、(d) 前記リレーと第2の局 (STA 2) との間で、Tx及びRxセクタトレーニングを含むBFトレーニングが行われ、(e) 前記リレーからSTA 1へのプロービングシーケンスが実行され、(f) STA 1によってチャンネル状態情報指標がフィードバックされ、(g) 前記リレーからSTA 2へのプロービングシーケンスが実行され、(h) STA 2によってチャンネル状態情報指標がフィードバックされ、(i) 前記リレーによるユーザ間干渉推定のためにSTA 1及びSTA 2によって同時パイロット送信が行われ、(j) MIMOを用いて前記APと前記リレーの間でデータが送信され、(k) マルチユーザ (MU) MIMOを用いて前記リレーからSTA 1及びSTA 2にデータが送信される、前述のいずれかの実施形態に記載の装置。

10

【0134】

11. 前記中央コーディネータ無線ノードは、前記少なくとも1つのアクセスポイント (AP) 無線ノード内に実装される、前述のいずれかの実施形態に記載の装置。

【0135】

12. ネットワーク上の複数の無線ノード間の通信を同時中継するように構成された無線ネットワーク装置の実装方法であって、(a) 複数の無線ノードを、多入力多出力 (MIMO) 通信をサポートする第1カテゴリと、MIMO通信をサポートしない第2カテゴリとの組み合わせとして構成するステップを含み、(b) 前記無線ノードのうちの少なくとも1つは、MIMO通信のための第1カテゴリの無線ノードとして構成されたアクセスポイント (AP) であり、(c) 信号強度及びエアータイムの検討事項を含む通信特性に基づいて、前記APと前記無線ノードのうちのいずれか1つの無線ノードとの間のリレーノードとして無線ノードを選択することにより、多重化通信に起因して前記第2カテゴリの無線ノードよりもエアータイムの消費が少ないという理由で第1カテゴリの無線ノードの選択確率が高まるようにするステップと、(d) 前記APから前記リレーへのMIMOホップ、及びその後の前記リレーノードから前記宛先 (クライアント) である前記無線ノードへのマルチユーザ (MU) MIMOホップに応答して中継が行われるステップと、(e) 前記方法において利用されるスーパーフレーム構造内の中継サービス期間 (SP) を、複数のトレーニングフレーム及びデータ送信フレームを含むように修正するステップとを含み、(f) 無線ノードと前記APとの間のスペクトル効率の高い中継をもたらすために無線ノードのMIMO能力が活用される、方法。

20

30

【0136】

13. データ通信セッションの前に無線ノードがリレーノードとして選択される、前述のいずれかの実施形態に記載の方法。

【0137】

14. ビーコンヘッダ間隔 (BHI) 中に、MIMO能力の使用を制御する管理フレームを利用するステップをさらに含む、前述のいずれかの実施形態に記載の方法。

40

【0138】

15. 前記管理フレームは、情報要素 (IE) フォーマットでMIMO装置の能力を伝える、前述のいずれかの実施形態に記載の方法。

【0139】

16. 信号強度の前記通信特性は、前記受信信号強度インジケータ (RSSI) の信号強度測定値及び信号対雑音比 (SNR) から選択される、前述のいずれかの実施形態に記載の方法。

【0140】

50

17. 前記通信特性は、(a) 無線ノードのカテゴリ、(b) 中継能力、(c) 到来角(AoA)/発射角(AoD)、及び(d) AC又はDC電源の存在から成る一群の特性から選択された1又は2以上の指標をさらに含む、前述のいずれかの実施形態に記載の方法。

【0141】

18. 前記中継サービス期間(SP)のフィールドは、(a) APと前記リレーとの間のビームフォーミング(BF)微調整を含み、(b) 前記リレーによってMIMO動作のチャンネル状態情報指標がフィードバックされ、(c) 前記リレーと第1の局(STA 1)との間で、Tx及びRxセクタトレーニングを含むBFトレーニングが行われ、(d) 前記リレーと第2の局(STA 2)との間で、Tx及びRxセクタトレーニングを含むBFトレーニングが行われ、(e) 前記リレーからSTA 1へのプロービングシーケンスが実行され、(f) STA 1によってチャンネル状態情報指標がフィードバックされ、(g) 前記リレーからSTA 2へのプロービングシーケンスが実行され、(h) STA 2によってチャンネル状態情報指標がフィードバックされ、(i) 前記リレーによるユーザ間干渉推定のためにSTA 1及びSTA 2によって同時パイロット送信が行われ、(j) MIMOを用いて前記APと前記リレーの間でデータが送信され、(k) マルチユーザ(MU) MIMOを用いて前記リレーからSTA 1及びSTA 2にデータが送信される、前述のいずれかの実施形態に記載の方法。

【0142】

19. 無線ネットワーク上の複数の無線ノード間の通信を同時中継するように構成された、前記ネットワークの無線アクセスポイント(AP)装置であって、(a) 多入力多出力(MIMO)能力を用いて同時通信を行って、前記ネットワークにおけるMIMOをサポートする第1カテゴリ及びMIMOをサポートしない第2カテゴリの複数の無線ノードと通信するように構成されたアクセスポイント(AP)と、(b) 前記APにおけるコンピュータプロセッサと、(c) 前記APにおける前記コンピュータプロセッサによる実行が可能な命令を記憶する非一時的コンピュータ可読メモリとを備え、(d) 前記命令は、前記コンピュータプロセッサによって実行された時に、(d) (i) 少なくとも信号強度指標とエアタイム要件の推定とに基づいて、前記複数の無線ノードからリレー装置を選択するステップと、(d) (ii) 複数のトレーニングフレーム及びデータ送信フレームを含むスーパーフレーム構造内の中継サービス期間(SP)を利用するステップと、(d) (iii) 2又は3以上の無線ノードに対してリレーリンクセットアップ(RLS)を同時に実行することによって前記RLSメッセージングオーバーヘッドを低減するステップとを実行し、前記無線AP装置は、(e) 前記APから前記選択されたリレー装置へのMIMOホップ、及びその後の前記選択されたリレー装置及び宛先無線ノード(クライアント)からのマルチユーザ(MU) MIMOホップに応答してデータ通信を中継するステップをさらに含む、装置。

【0143】

20. 前記宛先無線ノード(クライアント)とのデータ通信セッションの前に、前記APによって無線ノードがリレーノードとして選択される、前述のいずれかの実施形態に記載の装置。

【0144】

21. ビーコンヘッダ間隔(BHI)中に、MIMO能力の使用を制御する管理フレームが利用される、前述のいずれかの実施形態に記載の装置。

【0145】

22. 前記管理フレームは、情報要素(IE)フォーマットでMIMO装置の能力を伝える、前述のいずれかの実施形態に記載の装置。

【0146】

23. 信号強度の前記通信特性は、前記受信信号強度インジケータ(RSSI)の信号強度測定値及び信号対雑音比(SNR)から選択される、前述のいずれかの実施形態に記載の装置。

【0147】

24. 前記通信特性は、(a) 第1又は第2カテゴリ能力、(b) 中継能力、(c) 到来角(AoA)/発射角(AoD)、及び(d) AC又はDC電源の存在から成る一群の特性から選択された1又は2以上の指標をさらに含む、前述のいずれかの実施形態に記載の装置。

【0148】

25. 前記中継サービス期間(SP)のフィールドは、(a) APと前記リレーとの間のビームフォーミング(BF)微調整を含み、(b) 前記リレーによってMIMO動作のチャンネル状態情報指標がフィードバックされ、(c) 前記リレーと第1の局(STA 1)との間で、Tx及びRxセクタトレーニングを含むBFトレーニングが行われ、(d) 前記リレーと第2の局(STA 2)との間で、Tx及びRxセクタトレーニングを含むBFトレーニングが行われ、(e) 前記リレーからSTA 1へのプロービングシーケンスが実行され、(f) STA 1によってチャンネル状態情報指標がフィードバックされ、(g) 前記リレーからSTA 2へのプロービングシーケンスが実行され、(h) STA 2によってチャンネル状態情報指標がフィードバックされ、(i) 前記リレーによるユーザ間干渉推定のためにSTA 1及びSTA 2によって同時パイロット送信が行われ、(j) MIMOを用いて前記APと前記リレーの間でデータが送信され、(k) マルチユーザ(MU) MIMOを用いて前記リレーからSTA 1及びSTA 2にデータが送信される、前述のいずれかの実施形態に記載の装置。

【0149】

本明細書の説明は多くの詳細を含んでいるが、これらは本開示の範囲を限定するものではなく、現在のところ好ましい実施形態の一部を例示するものにすぎないと解釈すべきである。従って、本開示の範囲は、当業者に明らかになると考えられる他の実施形態も完全を含むと理解されるであろう。

【0150】

特許請求の範囲における単数形の要素についての言及は、別途明確に示していない限り「唯一の」を意味するものではなく、むしろ「1又は2以上の」を意味するものである。当業者に周知の本開示の実施形態の要素の構造的及び機能的同等物も、引用によって本明細書に明確に組み入れられ、本特許請求の範囲に含まれることが意図される。さらに、本開示の要素、構成要素又は方法ステップは、これらが特許請求の範囲に明示されているかどうかにかかわらず、一般に公開されることを意図するものではない。本明細書における請求項の要素については、この要素が「～のための手段」という表現を使用して明確に示されていない限り、「ミーンズプラスファンクション」の要素として解釈すべきではない。また、本明細書における請求項の要素については、この要素が「～のためのステップ」という表現を使用して明確に示されていない限り、「ステッププラスファンクション」の要素として解釈すべきではない。

表 1

X、Y及びZ 閾値の選択例

記号	説明	値	理由
X	中継が検討されるSTAの下限RSSI 閾値	-65dBm	・ MCS 1、MCS 2 のデータレートが制限されている ・ リンクマージンが数dBsに制限されており、その後に停止状態が生じる可能性がある ・ 表2及び表3を参照
Y	基準点からのリレー探索範囲のRSSI 差分	3dBm	リレーがAPとSTAとの間の中心位置に存在し、RSSIが-60dBmである場合、リレーRSSIは約10%である
Z	基準点からのリレー探索のAoD 差分	22.5°	通信支援を必要とするSTAとAPとの間の見通し線に対してリレーに45° 空間探索範囲をもたらす

10

表 2

20

802.11ad 受信機感度

MCS 指数	受信機感度 (dBm)
0	-78
1	-68
2	-66
3	-65
4	-64
5	-62
6	-63
7	-62
8	-61
9	-59
10	-55
11	-54
12	-53

30

表 3

802.11ad 変調及びSCの符号化方式

40

MCS指数	変調 ($\pi/2$ 形式)	N_{CBPS}	符号レート	データレート (Mbps)
1	BPSK	1	1/2	3.85
2	BPSK	1	1/2	7.70
3	BPSK	1	5/8	9.625
4	BPSK	1	3/4	11.55
5	BPSK	1	13/16	12.5125
6	QPSK	2	1/2	15.40
7	QPSK	2	5/8	19.25
8	QPSK	2	3/4	23.10
9	QPSK	2	13/16	25.025
10	16QAM	4	1/2	30.80
11	16QAM	4	5/8	38.50
12	16QAM	4	3/4	46.20

注：反復は、1のMCS指数については2であり、他の指数については1である。

【符号の説明】

【0151】

70 フローロジック実施形態

72 APがビーコンを送信

74 APがSTAから（へ）アソシエーション要求（応答）を受信（送信）

76 APがSTAから装置能力を受け取る

78 APがSTAとのBFトレーニング手順を開始

80 APが、中継が必要かどうかを判断

82 APがSTA通信をスケジュールしてATI中に送信

84 終了

86 APがSTAから受け取った指標に基づいてリレー選択ロジックを実行

88 APが選択されたRT及び割り当てられたUTをRTに通知

90 APが、AP、RT及びSTA間におけるデータ交換のためのSPをスケジュール

92 AP及びRTが、微調整されたBFトレーニング及びデータ交換を開始

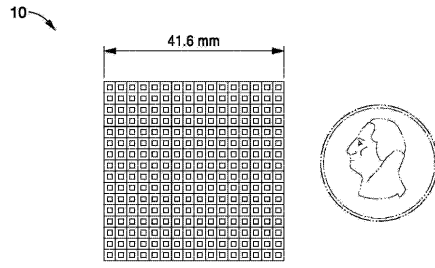
94 終了

10

20

30

【図 1】

FIG. 1
(Prior Art)

【図 3】

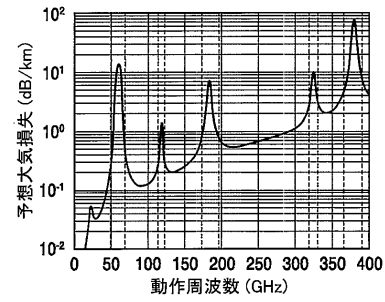
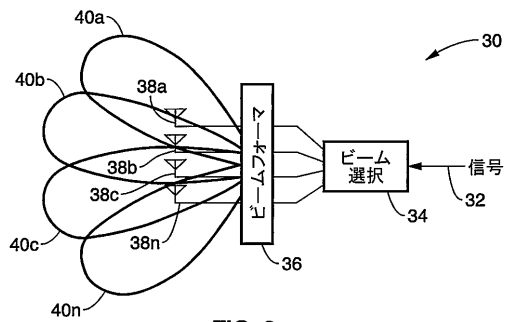


FIG. 3

【図 2】

FIG. 2
(先行技術)

【図 4 A】

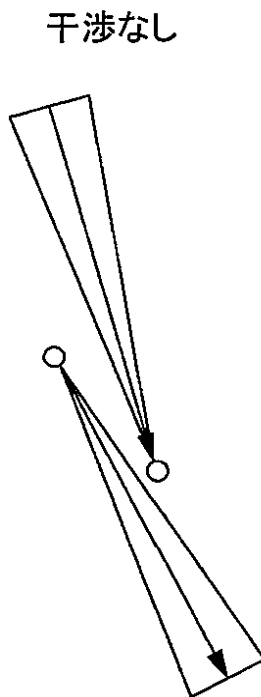


FIG. 4A

【図 4 B】

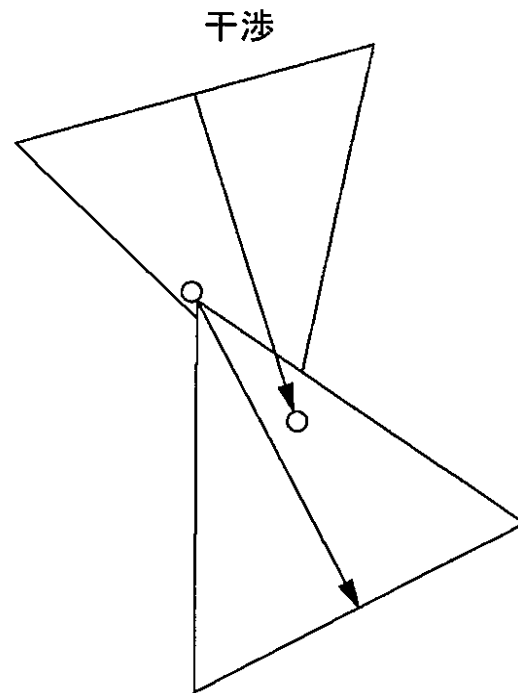


FIG. 4B

【図 5】

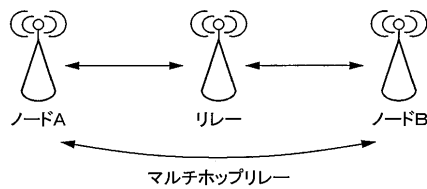
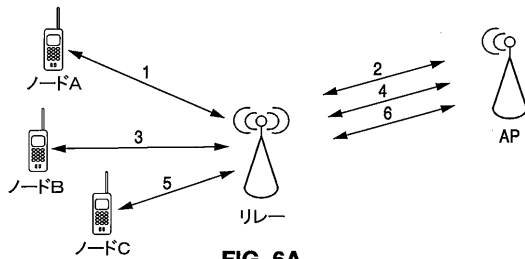
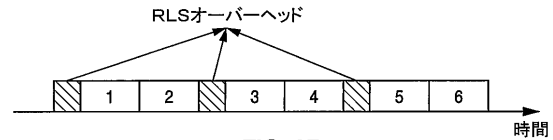


FIG. 5

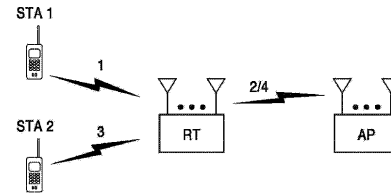
【図 6 A】

FIG. 6A
(先行技術)

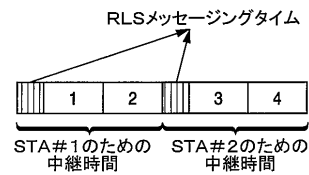
【図 6 B】

FIG. 6B
(先行技術)

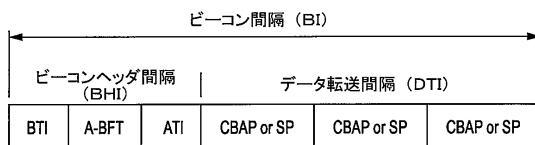
【図 7 A】

FIG. 7A
(Prior Art)

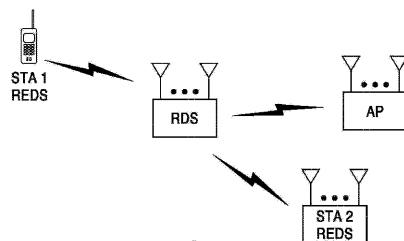
【図 7 B】

FIG. 7B
(先行技術)

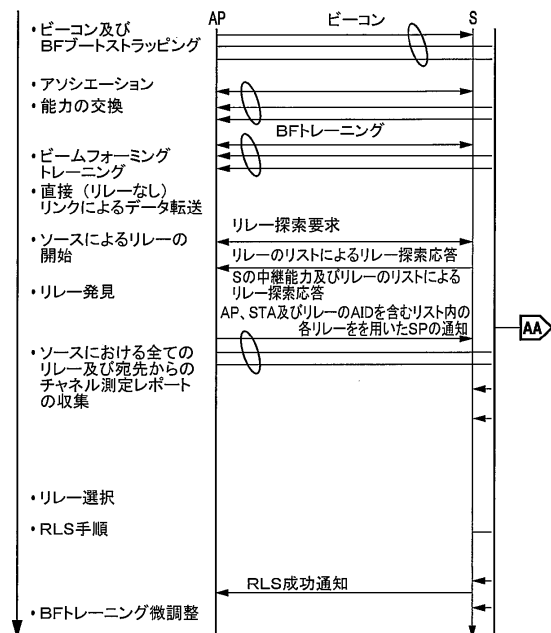
【図 8】

FIG. 8
(先行技術)

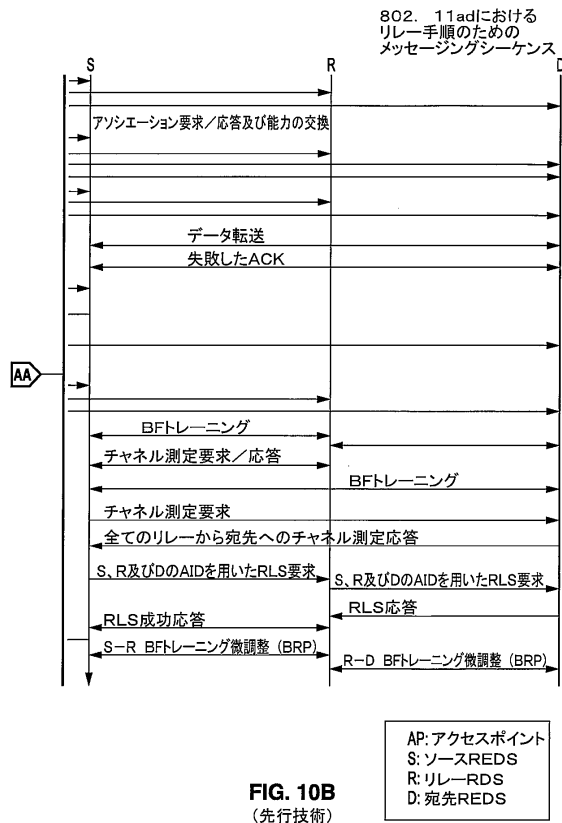
【図 9】

FIG. 9
(Prior Art)

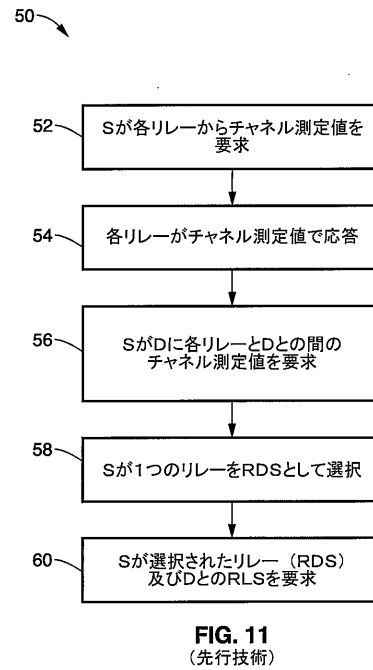
【図 10 A】

FIG. 10A
(先行技術)

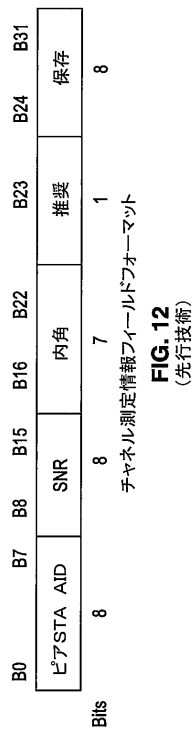
【図 10 B】



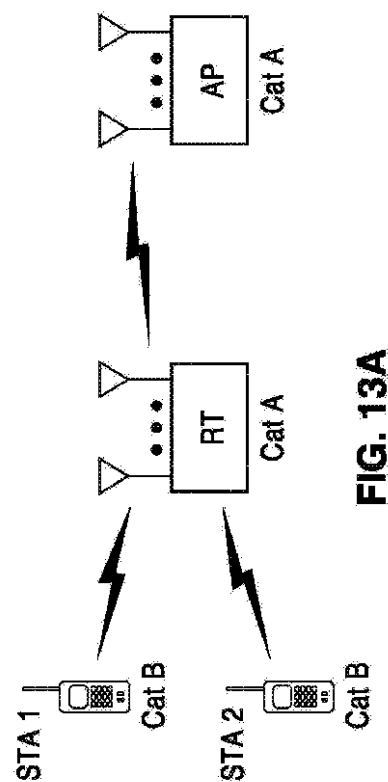
【図 11】



【図 12】



【図 13 A】



【図 13 B】

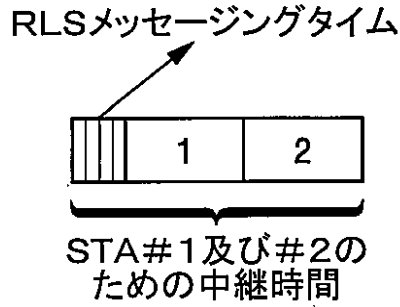
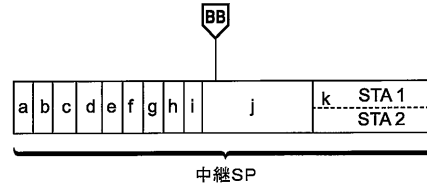
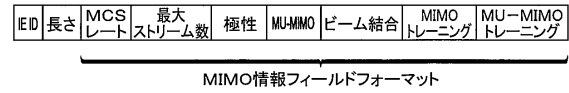


FIG. 13B

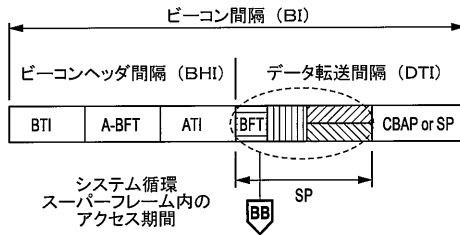
【図 14 B】



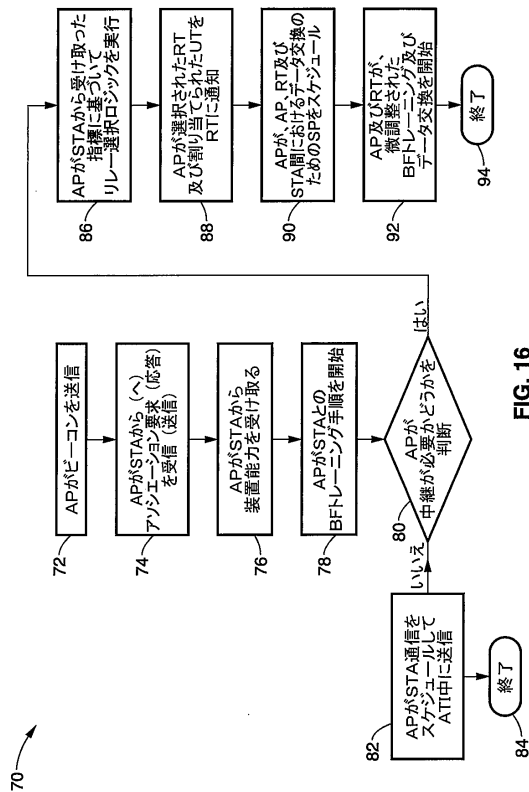
【図 15】



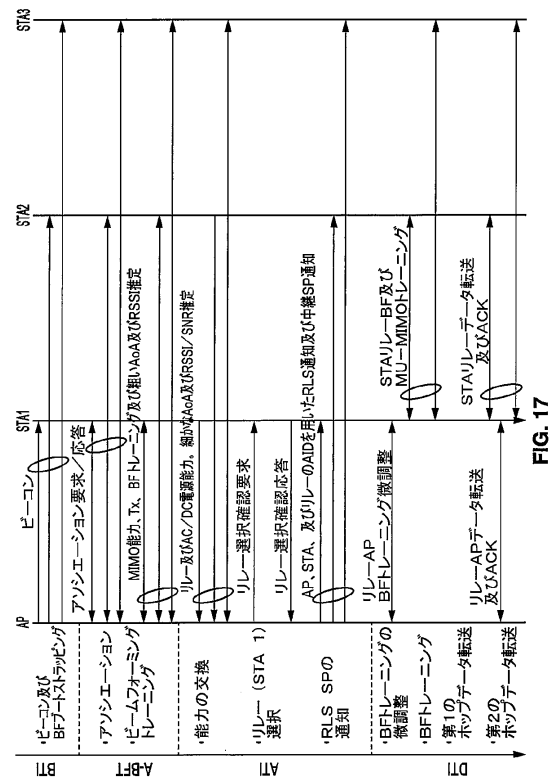
【図 14 A】



【図 16】



【図 17】



【図 18】

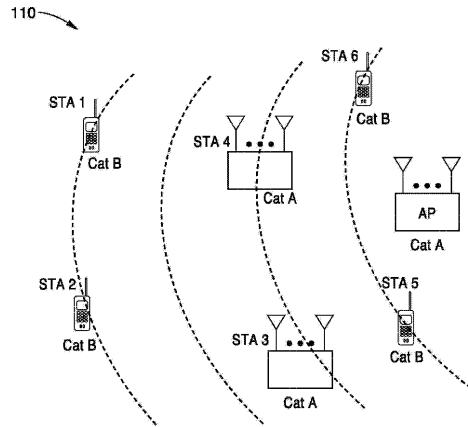


FIG. 18

【図 19】

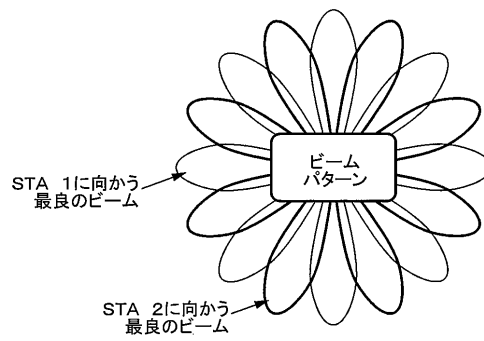


FIG. 19

【図 20】

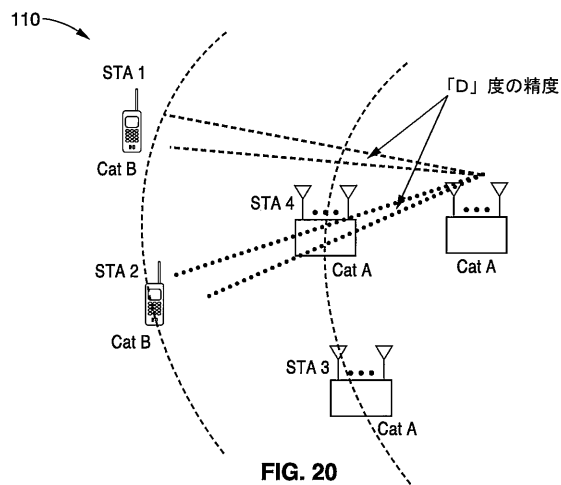


FIG. 20

【図 21】

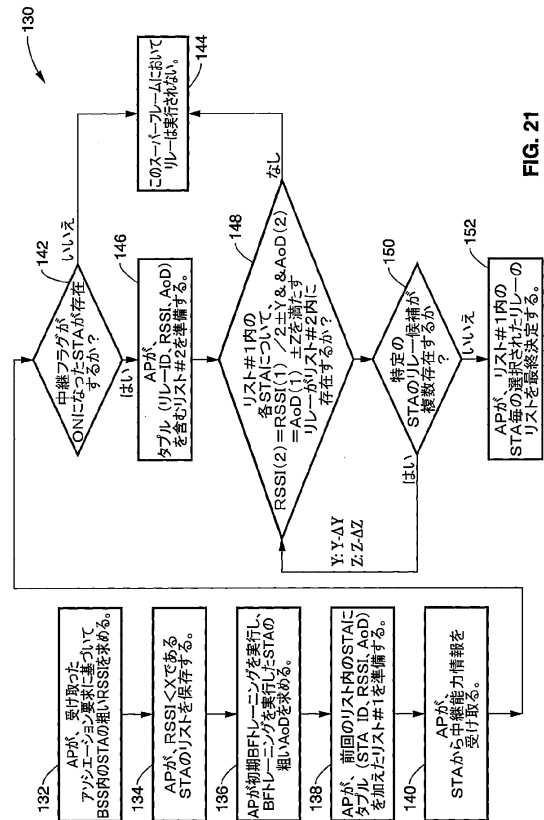


FIG. 21

【図 2 2】

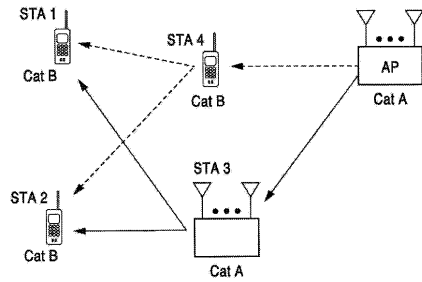


FIG. 22

【図 2 3】

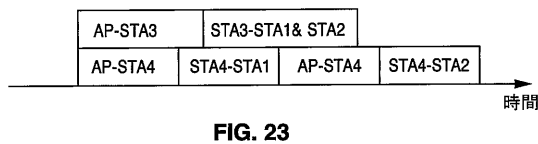


FIG. 23

【図 2 4】

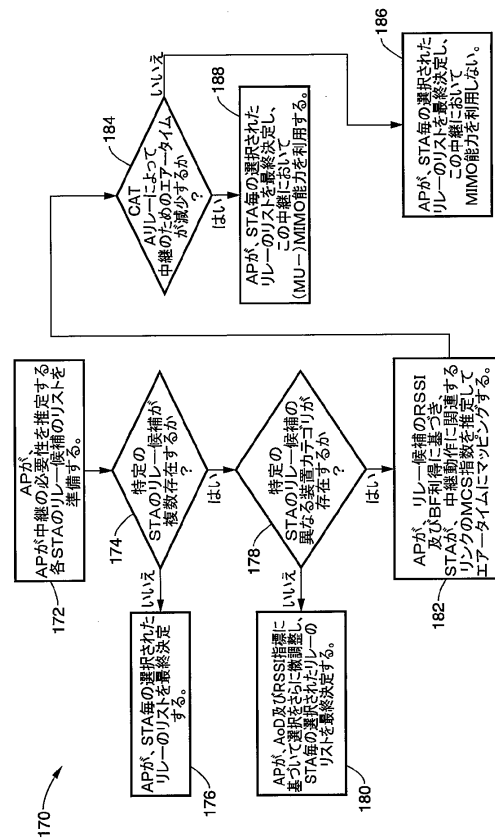


FIG. 24

【図 25】

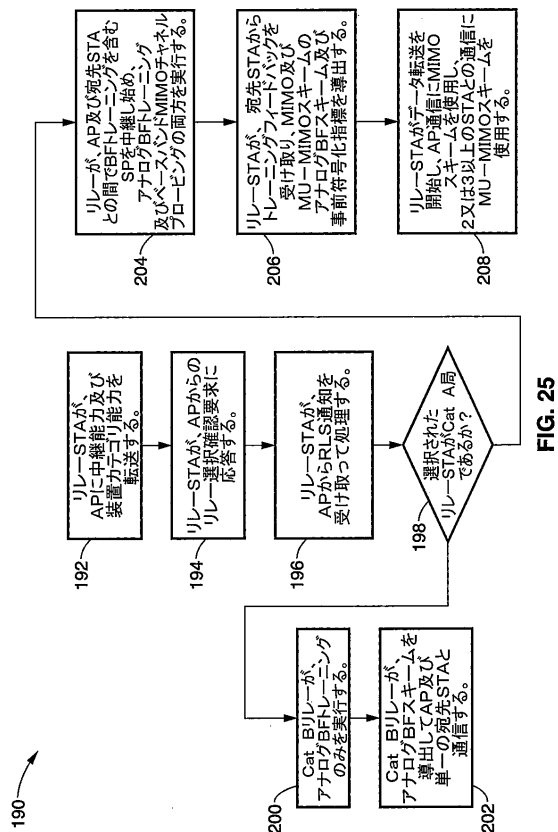


FIG. 25

【図 2 6】

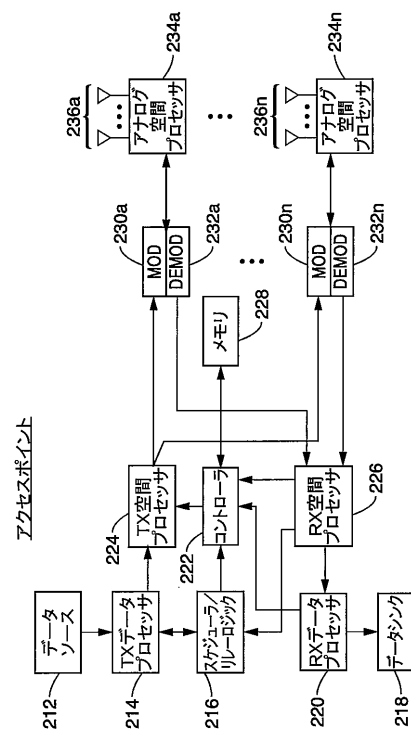


FIG. 26

【図 27】

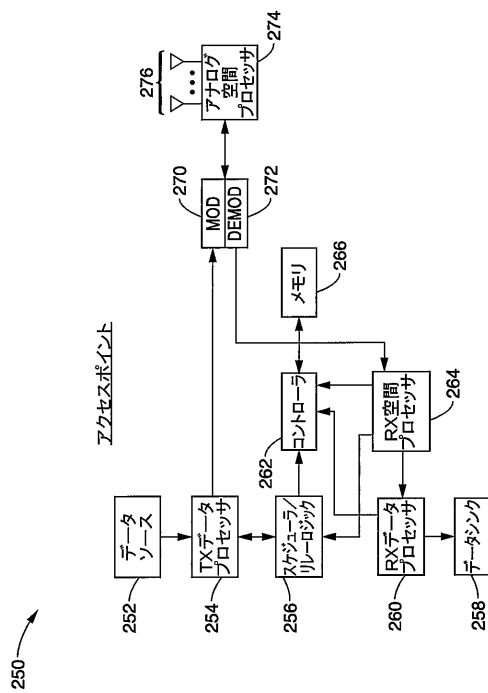


FIG. 27

【図 28】

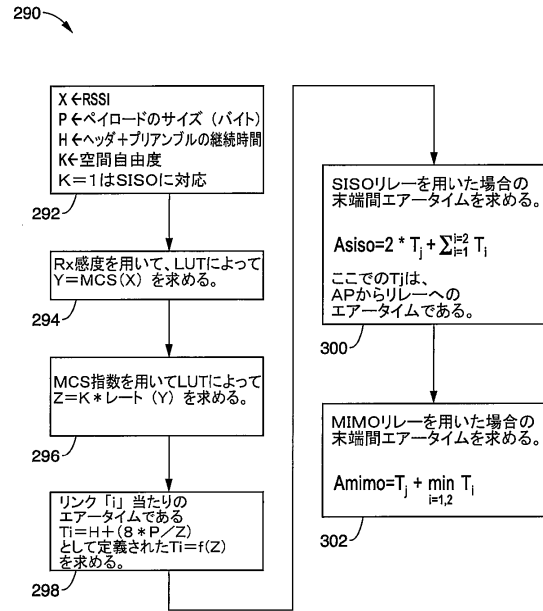


FIG. 28

フロントページの続き

(72)発明者 アブダラ ラミー メダット
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95112 サンノゼ ノース ファースト ストリート
1730

審査官 横田 有光

(56)参考文献 特開2012-165115 (JP, A)
米国特許出願公開第2011/0222625 (US, A1)
特開2008-131517 (JP, A)
国際公開第2016/044724 (WO, A2)
特表2007-522757 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04B 7/24- 7/26
H04W 4/00-99/00
3GPP TSG RAN WG1-4
SA WG1-4
CT WG1、4