

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6130864号
(P6130864)

(45) 発行日 平成29年5月17日(2017.5.17)

(24) 登録日 平成29年4月21日(2017.4.21)

(51) Int.Cl.

F 1

HO4W 16/28	(2009.01)	HO4W 16/28	130
HO4B 7/04	(2017.01)	HO4B 7/04	
HO4J 99/00	(2009.01)	HO4J 15/00	

請求項の数 9 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2014-561418 (P2014-561418)
 (86) (22) 出願日 平成25年3月12日 (2013.3.12)
 (65) 公表番号 特表2015-515781 (P2015-515781A)
 (43) 公表日 平成27年5月28日 (2015.5.28)
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2013/054994
 (87) 國際公開番号 WO2013/135692
 (87) 國際公開日 平成25年9月19日 (2013.9.19)
 審査請求日 平成28年3月14日 (2016.3.14)
 (31) 優先権主張番号 12305307.6
 (32) 優先日 平成24年3月15日 (2012.3.15)
 (33) 優先権主張国 歐州特許庁 (EP)

(73) 特許権者 501263810
 トムソン ライセンシング
 Thomson Licensing
 フランス国, 92130 イッシー レ
 ムーリノー, ル ジヤンヌ ダルク,
 1-5
 1-5, rue Jeanne d' A
 r c, 92130 ISSY LES
 MOULINEAUX, France
 (74) 代理人 100079108
 弁理士 稲葉 良幸
 (74) 代理人 100109346
 弁理士 大貫 敏史
 (74) 代理人 100117189
 弁理士 江口 昭彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】マルチセクタ指向性アンテナを使用するMIMOシステム中でワイヤレス接続を制御するための方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

セクタ化された指向性アンテナを使用するMIMOワイヤレス伝送システムにおいて送信および/または受信のためのアンテナセグメントを選択する方法であって、

ランク付けされたリンクアンテナパターンの初期のセットから、最良の平均ランクを有するリンクアンテナパターンを選択するステップであって、前記リンクアンテナパターンは、アクティブ化されるアンテナセグメントの異なる選択に対応し、それらの平均リンク性能に従ってランク付けされている、前記ステップと、

所定の時間間隔で、前記最良の平均ランクに対して所定の範囲内にある平均ランクを有するリンクアンテナパターンのサブセットを連続的に選択するステップと、

前記選択するステップで選択された前記リンクアンテナパターンの平均リンク性能を決定するステップと、

前記決定するステップで前記平均リンク性能が決定された前記リンクアンテナパターンの、平均ランクを決定するステップと、

最良の平均ランクを有する前記リンクアンテナパターンに対応する、送信および/または受信のためのアンテナセグメントを選択するステップと、

次の前記所定の時間間隔で前記プロセスを繰り返すステップと、
 を含む、前記方法。

【請求項 2】

前記サブセットの一部として選択されなかった前記リンクアンテナパターンの前記平均

ランクは前と同じままである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記リンクアンテナパターンのランクが平均化される期間は移動ウィンドウ期間であるか、または、前記平均ランクは指數平均として決定される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

ある日時または曜日にリンクアンテナパターンの異なるサブセットが提供される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

送信機と受信機との間でリンクが確立され、前記送信機または前記受信機は、どのリンクアンテナパターンを選択するかを前記それぞれの受信機または送信機に知らせる、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 6】

リンクアンテナパターンの前記サブセットの一部でない新しいリンクアンテナパターンを選択し、リンク性能測定およびランク付けを実行するステップと、

前記新しいリンクアンテナパターンよりも低いランクを有する、リンクアンテナパターンの前記サブセット内のリンクアンテナパターンを置き換えるステップと、
をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記所定の時間間隔は、最良のランクを有する前記リンクアンテナパターンがどれくらいの頻度で変化するかに応じて動的に適合される、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 8】

前記所定の時間間隔は、日時および／または曜日に応じて動的に適合される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

マイクロプロセッサと、プログラムメモリと、データメモリと、少なくとも 2 つのアンテナを有し MIMO 方式で動作するように適合されたワイヤレス送信機および／または受信機と、を備える装置であって、前記アンテナは区分型指向性アンテナであり、前記プログラムメモリは、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の方法を実行するように適合されたプログラム命令を保持する、前記装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、MIMO システム中でワイヤレス接続を制御する方法に関し、このシステムの複数のアンテナのうちの少なくとも 1 つは、2 つ以上のアンテナセクタを使用する指向性アンテナであり、アンテナセクタのうちの少なくとも 1 つは、指向性アンテナ放射特性またはパターンを得るために選択的にアクティビ化される。本明細書のコンテキストにおいて、MIMO は、Multiple Input Multiple Output (多入力多出力) の頭字語である。MIMO は一般に、送受信のために複数のアンテナを使用するワイヤレス伝送に関係し、送信アンテナと受信アンテナの複数の組合せ、および対応する信号伝搬路を提供する。MIMO は、全送信電力を複数のアンテナにわたって拡散することによって、ダイバーシティ利得を介したリンク信頼性の向上、および／または、アレイ利得を介したスペクトル効率の向上をもたらすことができる。

40

【背景技術】

【0002】

家庭および企業でユニファイドコミュニケーション、IPTV、コラボレーティブアプリケーションへの傾向が高まり、またそれに対応して高スループットワイヤレス通信に対する需要が増加するのに伴って、多入力多出力 (MIMO) が、将来のワイヤレスネットワークのための重要な技術の 1 つになってきた。MIMO は、複数の全指向性アンテナを信号処理技法と組み合わせて、利用可能な無線リソースの次元を、時間、周波数、および空間に拡張する。MIMO は、多くの標準プロトコル、例えば IEEE 802.11n パ

50

ート 11 で採用されており、高スループットを必要とするストリーミングされる音声および高解像度ビデオトラフィックを搬送するのに、広く展開されてきた。

【0003】

長く関心を持たれてきた別のワイヤレス技術は、指向性アンテナである。指向性アンテナは、所定の狭ビームを使用して、RFエネルギーの焦点を所望の受信機に向ける。これにより、スループット利得が達成され、干渉が低減される。さらに、アンテナの指向性は、見通し線経路を可能にする屋外環境では特に、アンテナの正しい配向を決定するのを容易にする。最近では、屋内環境での指向性アンテナが、見通し線経路がなくてもノード間で少数の強力な経路を提供することが示された。

【0004】

MIMO と指向性アンテナとの組合せが論じられた（例えば、非特許文献 1 参照）。しかし、結果は指向性アンテナの固定配向に基づき、これにより、指向性アンテナを使用する利益がせいぜいわずかであるという結論に至った。

【0005】

MIMO と指向性アンテナとを散乱の少ない環境で使用することが論じられている（例えば、非特許文献 2 参照）。

【0006】

MIMO と指向性アンテナとを使用する関連分野では、複数のアンテナの配向を決定するにパケット誤り率を収集することが論じられている（例えば、非特許文献 3 参照）。関連するレート適応アルゴリズムが論じられている（例えば、非特許文献 4 参照）。

【0007】

複数のセクタを有する無線アクセスマッシュワークであって、移動局にデータを送信するためにそれぞれのセクタにサービスする 2 つ以上のセクタ送信機を備える無線アクセスマッシュワークが開示されている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0008】

達成可能なレートを改善しながら、アンテナ選択を使用して複数プライマリユーザ環境における干渉制約を合同で満たすことが論じられている（例えば、非特許文献 5 参照）。

【0009】

コグニティブ無線設定における周波数再利用のためのアンテナ選択アルゴリズムが論じられている（例えば、非特許文献 6 参照）。

【0010】

ネットワーク干渉を最小化しネットワーク容量を最大化するための、測定ベースの最適化フレームワークが提示されている（例えば、非特許文献 7 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献 1】米国特許出願公開第 2006 / 0234777 号明細書

【非特許文献】

【0012】

【非特許文献 1】N. Raza - Ghods, M. Abdalla and S. Salous, "Characterization of MIMO propagation channels using directional antenna arrays," Proc. IEEE Sarnoff Symp., Princeton, NJ, USA, March 2009

【非特許文献 2】C. Hermozilla, R. Feick, R. A. Valenzuela and L. Ahumada, "Improving MIMO capacity with directive antennas for outdoor-indoor scenario," IEEE Trans. Wireless Comm., vol. 8, no. 8, pp. 2177 - 2188, May 2009

【非特許文献 3】"Demystifying beamforming", (<http://>

10

20

30

40

50

://www.nowire.se/produktblad/Ruckus/Beam
forming-WP-030909.pdf), by Ruckus Wireless, Inc., Sunnyvale, CA, USA

【非特許文献4】J. C. Bicket, "Bit-rate selection in wireless networks", PhD Dissertation, MIT, Boston, MA, USA, 2005

【非特許文献5】Muhammad Fainan Hanif, Peter J. Smith, Desmond P. Taylor and Philippe A. Martin, "MIMO Cognitive Radios with Antenna Selection", IEEE Trans. Wireless Comm., vol. 10, no. 11, pp. 3688 - 3699, November 2011

【非特許文献6】Jun Zhou, John Thompson and Ioannis Krikidis, "Multiple Antennas Selection for Linear Precoding MISO Cognitive Radio", Wireless Communications and Networking Conference, 5 April 2009

【非特許文献7】Anand Prabhu Subramanian, Henrik Lundgren, Theodoros Salonidis and Don Towsley, "Topology Control Protocol Using Sectorized Antennas in Dense 802.11 Wireless Networks" 20

【発明の概要】

【0013】

本発明の目的は、追加の指向性利得がなくても、MIMOチャネルの構造を変更することによって、高いスループット利得を維持するために、少なくとも1つのマルチセクタ指向性アンテナを有するMIMOワイヤレスアクセスポイントを有利な方式で制御することである。別の目的は、MIMO環境における不安定なリンク品質およびリンクスループットを回避することである。本発明は、アンテナのどのセクタがアクティブ化されるかに応じて、全方向性放射アンテナのみを使用する場合と比較したときにスループットが上昇または低下する場合があり、また、スループットの上昇または低下がアクティブ化パターンの小さいサブセット中のみで見られる、という知見に基づく。本明細書におけるアクティブ化パターンとは、伝送においてアンテナのどのセクタがアクティブであるかを指す。本発明はさらに、上昇するスループットを有するアクティブ化パターンが、主として環境に依存し、アクティブ化されるセクタの数、Txセクタアクティブ化であるかRxセクタアクティブ化であるか、またはアンテナ配向とは関連がないという知見に基づく。本発明はさらに、マルチセクタアンテナが使用されるときの干渉レベルが、アクティブ化されるセクタの数に比例するという知見に基づく。平均スループットの平均ランクが最良である1つの構成が選択される際の選択元として、高性能のアンテナ構成のみを含むサブセットを決定することによって、本発明の方法は、性能閾値がもはや満たされなくなった後で、任意にパターンを選択する場合に起こりうるような、低い性能を示すセクタパターンの選択を回避する。したがって、本発明の方法は、低性能アンテナパターンを選択することによるリンク損失の確率を低下させる。高性能のアンテナセクタパターンは、所定の時間にわたって、かつ異なる日時および/または曜日に決定された、平均ランク測定基準に従って決定される。本発明の方法は一般に、既存のMIMOワイヤレスアクセスポイントと比較したとき、選ばれた任意の時間期間にわたってより高い平均スループットを提供し、また、接続が所定の性能閾値未満に低下した場合にプロービングに必要な時間を短縮する。加えて、本発明の方法は、実際の構成に応じて、適切なアンテナパターンまたはアンテナ構成を選択することによって、付近で動作する他のデバイスとの干渉を低減し、空間再利用を増大させることができる。

【0014】

10

20

30

40

50

上すでに示したように、MIMOと指向性アンテナとを単純に組み合わせても、必ずしも利益のみが生み出されるとは限らない。例えば、屋外環境における二地点間MIMOを考えてみる。MIMOは、散乱の多いマルチパス環境で容量利得を達成する。しかし、屋外環境は通常、単一の強力な見通し線経路を有し、指向性アンテナは、MIMOリンクの容量を減少させることになる。対照的に、散乱の多いマルチパスを提供する環境、例えば屋内環境で、MIMOに対する指向性アンテナがどのように機能するかは、すぐには明らかでない。一方では、指向性アンテナは、その狭ビームの結果としてマルチパスまたは信号散乱が低減されるせいで、MIMOリンクの容量を減少させるかもしれないと主張することはできる。しかし他方では、指向性が伝搬路の構造を変化させるかも知れず、指向性によるこの構造的变化および信号増大がリンク容量を改善する可能性もある。

10

【0015】

本発明によれば、アンテナ選択ユニットが、送信(Tx)および/または受信(Rx)のための異なる指向性アンテナパターンを生み出すために、アンテナシステムの異なるアンテナ素子を選択的にアクティブ化するように適合される。以下の明細書では、「リンクアンテナパターン」という表現は、2つのMIMOワイヤレスノード間のワイヤレスリンクの送信機および受信機ノードそれぞれにおける指向性アンテナパターンのTx-Rx組合せを指す。本発明によれば、性能が所定の閾値レベル未満に低下した場合にリンクアンテナパターン選択がその中から行われる、リンクスループットを最大化するリンクアンテナパターンのセットが決定される。リンク性能は、測定されたスループット、信号対雑音比またはSNR、受信信号強度またはRSS、パケット誤り率またはPERなどの点から決定することができる。本発明によれば、リンク性能測定基準のうちの1または複数が、セットのリンクアンテナパターンの各々について決定される。動作中、ある時間間隔で、またはワイヤレスリンクの使用が低いときに、リンクアンテナパターンのうちの1または複数がセットから選択され、リンク性能測定が実施される。リンク性能測定は、ある時間期間にわたって行われて、平均結果が得られる。パターンは、それらの平均結果に従ってランクを割り当てられ、それらのランクに従って選択される。すなわち、最良の平均ランクを示すパターンが選択される。

20

【0016】

本発明の一態様による方法によれば、最初の測定ステップで、複数のアンテナの各々の中のセクタが選択的にアクティブ化されるが、これは、以下のようにして行われる。すなわち、1または複数のアンテナ上で複数のセクタをアクティブ化することを含めて、全てのアンテナまたはリンクアンテナパターンについてアクティブ化されるセクタの、複数の、またはさらには全ての、可能な組合せが連続的に設定される。このステップは、アンテナごとに、送信のための複数の指向性放射ビームフォームと、受信のための指向性受信感度パターンとを連続的に設定する。個別デバイスの各々の送信および受信パターンは異なる場合があることに留意されたい。パターンごとに、異なるダイバーシティ環境が生成され、このダイバーシティ環境は、MIMO原理に従って有利な信号経路を示すことができる。加えて、異なるアンテナに全送信電力のうちの異なるシェアが供給されることがある、これにより様々な信号経路上の信号伝搬がさらに多様になる。アクティブ化されるアンテナセクタと、個々のアンテナに供給される送信電力との複数の組合せの各々につき、受信信号強度、スループット、および/もしくは誤り率、またはより一般的なリンク性能が決定される。誤り率は、ビット誤り率、パケット誤り率、ブロック誤り率などを含みうる。この決定は、事前定義済みのデータパケットを送り、受け取られたデータに関する対応する情報を受信機から受け取ることによって、またはいずれか他の既知の方式で行うことができる。このように得られた情報は、メモリに記憶され、経時的なリンク性能の安定性および達成されたそれぞれのスループットに従って、リンクアンテナパターンがランク付けされる。ランク付けの詳細については、本明細書において後でさらに論じる。

30

【0017】

測定は、特定のアンテナ組合せの時間的安定性に関する情報を設定するために、すぐにはより長い時間期間の後で、1回または数回繰り返すことができる。測定はまた、日

40

50

時または曜日に通常は依存する変動する環境条件下での最大性能を提供できるようにするために、異なる日時または異なる曜日に繰り返すこともできる。

【0018】

本発明によれば、所定の閾値よりも高いスループットを提供するアクティブ化されるアンテナセクタまたはセクタパターンの組合せが結合されて、セクタパターンのセットとなるが、このセットは、使用中の任意の時点で、所定の閾値よりも良いスループットをもたらす少なくとも1つの組合せを提供する。動作中、ワイヤレスアクセスポイントは、任意の時点で最良の可能なスループットを維持するために、短い間隔（例えば秒間隔）でも、セクタパターンの所定のセットから選択することができる。セットは、ある日時またはある曜日について有効であってもよい。

10

【0019】

動作中、リンクアンテナパターンのセットのうちの全てのリンクアンテナパターンについて、平均リンク性能が所定の瞬間で決定される。平均リンク性能は、例えば、事前定義済みの数の過去の瞬時リンク性能値の移動平均、または指數平均とすることができます。リンクアンテナパターンは平均リンク性能に従って分類されて、所定の瞬間の各々についての瞬時ランクが得られる。次いで、各リンクアンテナパターンの平均ランクが、所定の瞬間の各々について決定される。平均は、所定数の過去の瞬時ランクにわたる移動平均、または指數平均とすることができます。平均ランクが決定されると、最良の平均ランクを現在有するリンクアンテナパターンが、伝送のために選択される。

【0020】

20

標準動作中のテストに必要とされる時間およびオーバヘッドを低減するために、後続のテストおよび選択動作で、最良の平均ランクから一定の近さ以内にある平均ランクを有する所定数のリンクアンテナパターンのみが選択され、それぞれの瞬時リンク性能および対応する平均リンク性能、ならびに平均ランクが決定される。繰返しの測定のために選択されなかったパターンの平均ランクは、前と同じのままである。後続のテストが行われると、最良の平均ランクを有するリンクアンテナパターンが選択される。このプロセスが、所定の時点で繰り返される。

【0021】

リンクアンテナパターンのセット中のリンクアンテナパターンの数が多いほど、最良の平均ランクを有するパターンを見つけるのに必要な時間は長くなる。しかし、最高のリンク性能を有するリンクアンテナパターンを見つける確率もまた高くなる。良い平均ランクを一貫して有するリンクアンテナパターンの安定したセットが見つかった後は、セットのサイズを縮小することができる。

30

【0022】

プローピングが行われる時間間隔、ならびにプローピング自体の継続時間は、最良の平均ランクを有するリンクアンテナパターンがどれくらいの頻度で変化するかに応じて、動的に適応させることができる。例えば、屋内システムでは、最良のリンク性能を有するパターンは通常、人々が動き回っている典型的な屋内環境におけるチャネル特性に従い、小さい時間尺度で変化する。したがって、チャネル変動を最も正確に追跡するには、時間間隔は、コヒーレンス時間（通常は約1秒）よりもかなり短くすべきである。他方、正確さの劣る追跡を受け入れるのをいとわないが経時的なプローピングオーバヘッドを償却して、数秒または数十秒を選ぶこともできる。

40

【図面の簡単な説明】

【0023】

以下、図面を参照しながら本発明についてより詳細に述べる。

【図1】給電損失なしのマルチセクタアンテナの例示的な放射パターンを示す図である。

【図2】本発明をその中で使用できる例示的な屋内環境を表す図である。

【図3】長期平均に対するSDM実効SNRサンプルの割合を例示的に示す図である。

【図4】STBC SNRおよびSDM実効SNRとスループットとの例示的な関係を示す図である。

50

【図5】アクティブなセクタの様々な組合せのスループット利得を例示的に示す図である。

【図6】スループット利得と、それに対するアクティブなセクタの配向とを例示的に示す図である。

【図7】アンテナ指向性利得がある場合の1リンク当たりのスループット利得を例示的に示す図である。

【図8】3T×アンテナパターンセットについての経時的なスループット変動を例示的に示す図である。

【図9】様々なアンテナパターンの平均RSS_{d_if_f}値を例示的に示す図である。

【図10】アンテナ指向性利得がある場合の平均RSS_{d_if_f}を例示的に示す図である。

10

【図11】選択元となる異なる数のリンクアンテナパターンのスループット利得を例示的に示す図である。

【図12】本発明によるランク付けを使用する場合と使用しない場合の、時間にわたるスループット利得を例示的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

本発明による例示的な装置には、少なくとも2つのマルチセクタアンテナが備わり、各マルチセクタアンテナは4つのアンテナ素子を有する。一実施形態では、アンテナ素子は、指向性利得を提供しない。装置はさらに、プロセッサーと、プログラム情報の実行中にプログラム情報を記憶するように適合されたプログラムメモリと、プログラム情報の実行中にデータを記憶するように適合されたデータメモリとを有する。装置はさらに、プログラム情報の実行中に使用されるプログラム情報および/またはデータを非一時的に記憶するために、不揮発性記憶メモリ（例えばフラッシュメモリタイプまたは電気的消去可能プログラム可能ROM（EEPROM）タイプのもの）を有してよい。光学または磁気記憶装置、およびクライアント/サーバデータ記憶装置を含めた、他のタイプの不揮発性記憶メモリも考えられる。装置にはさらに、例えばLANまたはホストデバイスに接続するために、データ送受信用の有線インタフェースが装備されてよい。有線インタフェースは、例えば、USBタイプまたはIEEE802.3タイプのものとすることができます。他のタイプの有線インタフェースも考えられる。指向性利得は、全方向性放射パターンと比較した、1方向に向けた指向性アンテナの追加アンテナ利得を示すのに使用される。例示的な一実施形態では、アンテナ素子は、プリント回路基板またはPCB上にプリントされ、IEEE802.11nの5GHz中の水平面全体をカバーする。送信または受信のために給電ネットワークを介してセクタの任意の組合せをアクティブ化することができ、以下ではこれらの組合せを、セクタアクティブ化パターンまたは単にセクタパターンと呼ぶ。この結果、 $2^4 - 1 = 15$ 個の異なるアクティブ化パターンが得られる。これらのうちの1つは、「4つのセクタ全てがアクティブ化され」、全方向性パターンとなり、以下ではこれをオムニモード（omni-mode）と呼ぶ。図1(a)および1(b)に、アクティブ化されるセクタが1つおよび4つの場合の放射パターンをそれぞれ示す。表1に、パターンごとのアンテナ指向性利得が、アクティブ化されるセクタの数と、アクティブ化されるセクタが2つの場合にそれらが対向（2対向）するか隣接（2隣接）するかと、の両方に依存することを示す。

20

【0025】

30

40

【表1】

パターン:	オムニ	3セクタ	2隣接	2対向	1セクタ
指向性利得 [dBi]	2.4	3.5	4.6	5.7	6.9
給電損失 [dB]	0	-1.25	-3	-3	-6
全体的な利得 [dBi]	2.4	2.25	1.6	2.7	0.9

【0026】

10

アクティブ化されるセクタが少ないアンテナパターンほど指向性利得が高いことは、直ちに明らかである。しかし、アンテナ給電ネットワークは、全てのアンテナパターンがほぼ等しいピーク利得を示すような給電損失を導入するように設計されている。この設計の決定は、マルチホップメッシュネットワーク中の指向性端末の問題を低減するために行われたものである。

【0027】

20

図2に示すように、例示的なテストセットアップが、典型的な研究室空間の單一フロアで展開される。これは、キュービクルと、ベースと、ガラスの壁で分離されたオフィスとからなる、典型的なオフィス環境である。マルチセクタアンテナが利用可能なので、4つのノードしか必要でない。送信電力またはTx電力制御によって、異なるトポロジをエミュレートすることができる。

【0028】

本明細書で提示する例示的な測定結果は、UDPスループットをリンク性能測定基準として使用して得られた。マルチセクタアンテナを使用するMIMOリンクの最大スループットを測定するために、多数のアクティブ化パターン、および可能性ある時間的変動を考慮する必要がある。

【0029】

30

それぞれs個のセクタのマルチセクタアンテナを送信機Txと受信機Rxの両方が使用する、K個のMCSデータレートを伴うM×M MIMOシステム中では、全ての組合せをテストするにはK×(2⁸-1)^{2M}回のスループット測定が必要である。これは、M=2、s=4、およびK=16の場合の例示的なシステム中では、810,000回のスループット測定に対応する。本発明では、この問題が2つの方法で対処された。第1に、リンクごとに検討されるアクティブ化パターンの数が制限される。具体的には、リンクの他方の端をオムニモードにして、TxとRxすなわち送信機と受信機のいずれかで、セクタアクティブ化が実施される。現在の802.11n WLANでは、アクセスポイント(AP)でTxビームフォーミングのみが実施され、クライアントは全方向性アンテナを有することに留意されたい。さらに、アクティブなセクタの数は、各アンテナにつき同数に維持される。これにより、検討されるアンテナパターンの数は、この特殊なケースでは、(2⁸-1)^{2M}から、

【0030】

40

【数1】

$$\sum_{x=1}^{s-1} \binom{s}{x}^M, \text{ すなわち } \sum_{x=1}^3 \binom{4s}{x}^2 = 68$$

【0031】

に削減される。パターンセットは、TxまたはRxの選択、および1アンテナ当たりのアクティブなセクタの数として言及される。第2に、UDPスループットと、SNRすなわち信号対雑音比とのマッピングを使用して、複数のMCSレートが対処される。例示的なセットアップで使用されるハードウェアは、ほとんどの802.11ワイヤレスデバイスによって提供される受信信号強度すなわちRSSに加えて、受信パケットごとのSNR情

50

報も記憶する。パケットが S D M モードで符号化される場合は、1 対の S N R 値（空間ストリームごとの S N R ）が利用可能であり、S T B C モードで符号化される場合は、単一の S N R 値が利用可能である。

【 0 0 3 2 】

例示的な一連の測定では、ハードウェア特有の S N R 情報が U D P スループットにマッピングされる。各 M C S レートの U D P スループットは、i p e r f および t c p d u m p ツールを使用して、制限されたパターンセットの各々で 5 秒間測定される。5 秒の測定の継続時間は、テストによって十分であると識別されたものである。トラフィック負荷は、各 M C S レートよりも高く設定される。S N R 値は、平均化され、スループットにマッピングされる。S D M モードのパケットの場合は、スループットへの 1 対 1 マッピングのために、S N R 値の各対が、単一の実効 S N R に結合される。したがって、実効 S N R は、1 対の S D M モード S N R 値に対する単一の代表 S N R である。

10

【 0 0 3 3 】

前述のように、異なるアクティブ化パターンの測定結果は、ワイヤレスチャネルの時間変動に影響される場合がある。この影響を定量化するために、長期平均の \pm d B 範囲に含まれる S D M 実効 S N R サンプルの割合が測定される。図 3 に、異なる の場合のこれらの結果を示す。夜間は、2 0 0 秒までの時間間隔でも、サンプルの 1 0 % のみが長期平均から 2 d B 外れる（図 3 (a) 参照）。日中（図 3 (b) 参照）は、2 0 秒の時間間隔で、サンプルの約 1 5 % が長期平均に対して 2 d B 外れ、これは、使用される 8 0 2 . 1 1 n デバイスの 1 d B 粒度に近い。外れ値の影響をさらに最小限に抑えるために、全ての測定は別段の指定がない限り夜間に実施され、各アクティブ化パターンおよびオムニモードのバックツーバックのスループットが測定され、それぞれの差のみが検討された。

20

【 0 0 3 4 】

図 4 に、例示的なワイヤレスデバイスの、平均化されたスループットサンプル、および対応する S N R または実効 S N R 値を、例示的に示す。マッピングを生成するために、一般化されたシグモイド関数が、同じ M C S レートのスループットサンプルの各セットに適合される。あるアンテナパターンを使用するリンクのスループットは、S T B C S N R 値および S D M 実効 S N R 値を測定し、マッピングを使用してこれらの 2 つの S N R 値をスループットにマッピングし、これらの 2 つのスループット値の最大値を選ぶことによって、推定される。

30

【 0 0 3 5 】

オムニモード伝送を介した M I M O セクタアクティブ化のスループット利得を定量化するために、前と同じ例示的なテストセットアップが使用される。やはり、前と同じマッピングを使用して、スループット利得を得るためにオムニモードの S N R がバックツーバック方式で測定される。信頼できる結果を得るために、各測定が 5 回繰り返され、結果が平均化される。様々なセクタパターンについて、R S S 、アクティブ化されるセクタの数、T x セクタアクティブ化であるか R x セクタアクティブ化であるか、デバイスの位置、指向性利得、および時間的スループット変動、の影響が決定される。

【 0 0 3 6 】

図 5 に、T x セクタアクティブ化と R x セクタアクティブ化の両方によるアンテナパターンのスループット利得を示す。図 5 の各灰色バーは、1 アンテナ当たりのアクティブ化されるセクタが 1 つ、2 つ、または 3 つの場合のメジアン利得を示す。エラーバーは、最大および最小スループット利得を表す。黒いバーは、最高の R S S を有するパターンのスループット利得を表す。ほとんどのリンクは、オムニモードと比較して正の最大スループット利得を達成し、1 アンテナ当たり 2 つの R x セクタを使用するリンク 1 - 3 上では最大で 1 3 0 % 、また全てのリンクの平均で 2 1 % である。これは、直観に反するように見える。というのは、前述のように、例示的なテストセットアップで使用されるマルチセクタアンテナは、オムニモードと比較してアンテナ指向性利得を提供しないからである。マルチセクタアンテナは等しいかまたはより少ない信号電力で送信または受信し、T x と R x との間の様々な経路のいくつかは抑制されるので、正のスループット利得を観察するこ

40

50

とは不可能なはずだと主張するかもしれない。正のスループット利得は、角領域中の信号のクラスタ化された伝搬によるものである。屋内環境での伝搬測定は、発射角 $A \circ D$ と到來角 $A \circ A$ とが、相関する信号クラスタを形成することを示した。さらに、2つから4つのクラスタのみが受信信号に寄与する。正のスループット利得を達成するアンテナパターンは、これらの優勢な信号クラスタと同様に整合し、したがって負の利得を回避するが、これらのアンテナパターンはまた、アンテナ入力における信号相関を誘発する他のクラスタとは整合しない。この不整合により、受信信号相関が低減し、MIMOチャネル行列が非相関に見える。したがって、指向性利得のないセクタアクティブ化が、MIMOチャネルを構造的に変更することによってスループット利得を生み出すことができる。高い正の最大スループット利得の可能性にもかかわらず、図5はまた、ほとんどのリンクが負のメジアンスループット利得、すなわち平均-9, 3%を達成し、最小利得が-100%もの低さに達しうることも示す（例えば、1アンテナ当たり2つのR×セクタの場合のリンク1-3）。したがって、正の利得を提供するアンテナパターンは半分未満であり、セクタアクティブ化パターンが慎重に選ばれなければ、スループット性能に対する高いペナルティが生じるであろう。図5に表される測定結果は、最大スループット利得が、アクティブ化されるセクタの数、またはT×アクティブ化が使用されるかR×アクティブ化が使用されるかに依存しないことを、はっきりと示す。

【0037】

図5のほとんどのノード対(x, y)では、T×アクティブ化を用いたリンクx-yの性能は、R×アクティブ化を用いた相反的なリンクy-xの性能とは徹底的に異なる可能性がある。したがって一般に、リンクは対称ではなく、リンク相反性を活用して測定オーバヘッドを低減することはできない。これは、図5(a)および5(b)のそれぞれのT×アクティブ化とR×アクティブ化の両方に当てはまる。したがって、アンテナ指向性利得がない場合、RSSは十分な精度でスループット利得を予測することはできない。

【0038】

図5はまた、同じ場所に位置するリンクが、徹底的に異なる性能を示すことも示す。例えば、ノード2を共有するリンク2-3および5-2を考えてみる。リンク2-3は、T×アクティブ化とR×アクティブ化の両方で正の最大スループット利得を達成し、R×アクティブ化で正のメジアンスループット利得を達成し、RSSベースのスループット利得は、R×アクティブ化では最大スループット利得に近い。対照的に、リンク5-2は、T×アクティブ化でのみ正の最大スループット利得を達成し、負のメジアンスループット利得を有し、RSSベースのスループット利得は全てメジアンスループット利得に近い。以上の観察に基づくと、スループット利得は「任意」に見える。しかし、本発明者らは、信号散乱の点から見て「任意」なのは環境であり、セクタアクティブ化がMIMOチャネル（これらは周囲環境に大きく依存する）の構造を変更することを見出した。M×N MIMOチャネルにおけるT×アンテナ信号とR×アンテナ信号との関係は、 $y = \cdot H \times$ であり、ここで、 \times は、 $1 \times M$ 入力ベクトルまたはT×シンボルベクトルであり、 \cdot は、スカラ経路損失ベースチャネル利得であり、 H は、 $M \times N$ MIMOチャネル行列であり、 y は、 $1 \times N$ 出力ベクトルまたはT×シンボルベクトルである。RSSがスループット利得の良いインジケータでないという前の観察は、スループット利得に対する主要な寄与要因が、スカラ利得ではなく、MIMOチャネル行列Hの構造であることを意味する。

【0039】

既存の研究は、Hの構造が、リンクの周囲環境および結果的な経路に大きく依存する述べている。特に屋内環境では、各リンクの周囲は、顕著に異なり、アクティブ化パターンにまたがって異なるスループット利得特性につながる。

【0040】

前述のように、オムニモードで送信電力を低減することによってアンテナ指向性利得を生み出すことができる。例示的なテストセットアップで使用されるネットワークインターフェースカードすなわちNICは、3dBインクリメントの送信電力制御をサポートし、これにより、アクティブなセクタの数が1または2であるときにマルチセクタアンテナの給

10

20

30

40

50

電損失を補償することが可能となる（表1参照）。アクティブなセクタが3つの場合の給電損失は1.25dBなので、アクティブなセクタが3つであるパターンセットは以下では検討されない。

【0041】

図6に、リンクの他方の端に向けたアクティブ化されるセクタの地理的方向によって分類されたアンテナパターン配向の関数として、全てのリンクにわたる平均スループット利得を示す。TX1およびTX3は、1つのTxセクタおよび3つのTxセクタのアクティブ化パターンをそれぞれ示す。RX1およびRX3は、Rxアクティブ化に対応する。F、L、R、およびBは、前、左、右、および後ろの配向をそれぞれ示す。例えば、TX1（またはTX3）におけるF/Fでは、2アンテナMIMOシステム中の両方のアンテナが、受信機に面したアクティブなTxセクタを有する。1ノードにつき単一のセクタ化アンテナがある場合とは異なり、地理的関係は、アクティブなセクタの数およびRxアクティブ化であるかTxアクティブ化であるかにやはりかかわらず、スループット利得と相關しない。

【0042】

図7に、アンテナ指向性利得がある場合の1リンク当たりのスループット利得を示す。最大およびメジアンスループット利得は、それぞれ71%および14%である。セクタアクティブ化パターンセットを慎重に選ぶと、1-2および3-2のようないくつかのリンクは、100%を超える最大利得を示す。また、リンク1-3、2-3、および3-2のメジアン利得は、50%を超える。全体的に、メジアン利得は、80個のうち11個のパターンセットにおいて正であり、このことは、各パターンセット中の半分よりも多いアクティブ化パターンが、オムニモードよりも高いスループットを提供する可能性が高いことを含意する。したがって、エミュレートされた指向性利得は、MIMOを使用しても、によって表されるRx信号レベルを増加させる。この効果は、以前は単一アンテナシステムについてしか確認されなかった。

【0043】

図7では、アクティブ化されるセクタの数は、スループット利得にあまり影響しない。10個のリンク全てで、5つのリンクは、Txアクティブ化かRxアクティブ化かにかかわらず、1アクティブ化と2アクティブ化の両方の競合的なスループット利得を示す。指向性利得のない場合と同様、図7はまた、様々なリンク位置および相反的構成についてスループット利得が任意に見えることを明らかにする。地理的関係は、スループット利得のどのような指示も提供しない（グラフは示さず）。やはり、これらの観察も、周囲環境間の差の結果と解釈することができる。

【0044】

図5と同様、図7でも、黒いバーは、RSSベースのスループット利得を表す。RSSベースのアクティブ化の結果、40個のうち34個のパターンセットにおいて、メジアンよりも高いスループットとなる。さらに、10個のパターンセットは、最大スループット利得の10%以内である。したがって、屋内環境の任意の周囲にかかわらず、RSS値は、アンテナ指向性利得があるときにスループット利得をうまく表すと結論づけられる。

【0045】

アンテナ指向性がある場合にRSSがスループット利得の良い測定基準であることはわかったが、パターンセット中の全てのパターンのRSSをプロービングすることは依然として必要かもしれない。このように予想されるはずなのは、上で検討された他の空間的測定基準がどのような相関も示さなかつたからである。しかし、本発明者らは、時間的プロパティを利用することによって、常に全てのパターンをプロービングする必要はないことを見出した。

【0046】

例示的なテストでは、後続のオムニモード測定なしで、アクティブ化パターンに対するSNR測定が、1Tx、1Rx、3Tx、および3Rxアクティブ化パターンセット中のパターンから実施された。リンク2-1、2-3、および2-5が、アンテナ指向性利得

10

20

30

40

50

なしで検討される。13:30から17:30までの4時間にわたり、各セットの全てのパターンがプロービングされ、プロービングが40回繰り返された。次いで、上にさらに論じたマッピングを使用して、スループットが得られた。

【0047】

図8に、セクタアクティブ化を介したスループットの時間的変動を示す。所与の時間について最大値（最大）が全てのパターンにわたってとられ、時間経過の中で1番目（1位）および2番目（2位）に大きい数字の最大スループットを示すパターンのスループットが、経時的に追跡される。太いラインは、3Txセクタアクティブ化の全てのパターンからのスループットのうちの最大スループットの変動であり、「最大」の符号が付けられている。パターンが最大スループットをもたらす回数を計数することによって、最も頻繁に最大値を達成する2つのパターン（「1位」および「2位」の符号が付けられている）が選ばれ、経時的に追跡された。2つのサブフィギュアは、2つの極端な傾向を実証する。図8(a)では、1位および2位は、40回のうち38回、すなわちほとんどの時間、最大スループットに合致する。しかし、図8(b)では、ほとんどの時間、最大スループットと、1位および2位にランクされたアクティブ化パターンのスループットとの間に隔たりがある。2つのパターンは、最大スループットの40%しかカバーしない。この場合でも、16から24までの時間インデックスの間の期間（おおよそ45分に対応する）中は、1位または2位のパターンは、最大スループットに近いスループットを達成する。

10

【0048】

何個のパターンが時間経過の中で最大スループットを達成するかをさらに見るために、パターンが最大スループットを何回達成するかが記録された。次いで、90%および95%の時間にわたって最大スループットを共にカバーするパターンの最小サブセットが識別される。これを表2に要約する。

20

【0049】

【表2】

	送信機側				受信機側			
	1セクタ		3セクタ		1セクタ		3セクタ	
	90%	95%	90%	95%	90%	95%	90%	95%
リンク2-1	6	8	9	10	4	6	8	9
リンク2-3	5	6	2	2	5	6	9	10
リンク2-5	3	4	3	4	3	5	8	10

表2:90%または95%の時間にわたって最大スループットを有するパターンを含む最小セクタパターン数

30

【0050】

平均して、16個のうち5.4個および6.3個のパターンが、それぞれ90%および95%の時間にわたって最大スループットを達成すると考える必要がある。2つの観察が行われた。第1に、図8の2つの極端なケースは、少数のパターンのみが、最大スループットを達成すると考えるに値することを示す。第2に、図8(a)から、スループットは変動することもあるが、少数のパターンは依然として最大スループットを提供している。最大スループットを提供するパターンの安定性は、屋内環境の周囲の要素の静止しているという性質によるものであるはずだと推論される。反対に、図8(b)に示す、小さい時間尺度での比較的速いスループットの変動は、人々が動き回っていることによるものであるはずである。

40

【0051】

以下のセクションでは、干渉低減および空間再利用について検討する。前と同様の連続的リンクアクティブ化の実験的方法を使用して、Txアクティブ化セット中の各パターンについてSNRおよびRSSが測定され、その後すぐにオムニモード測定が行われた。差RSS_{diff} = RSS_x - RSS_{omni}が、干渉測定基準として使用される。負の値

50

は、セクタアクティブ化パターン \times が、オムニモードと比較して干渉を低減し、空間再利用を増大させることを意味する。安定し静止した環境を有するために、全ての測定は夜間に実施され、結果は5回の反復の平均である。上記の実験は、アンテナ指向性利得ありとなしの両方の場合について実施される。

【0052】

図9(a)に、アンテナ指向性利得がない場合の、各リンクの近傍におけるオムニモードの平均RSS_{diff}を示す。例えば、「リンク1-2、1セクタ」ポイントの場合、平均は、リンク1-2の全ての1セクタアクティブ化について得られた全てのリンク1-3および1-5のRSS_{diff}値を含む。アクティブなセクタの数が減少するにつれて、RSS_{diff}値は減少する。1つのセクタ化アンテナ当たり1つのTxセクタがある場合、オムニモードと比較した干渉は、最大で12dB(リンク2-1)および平均で8dB(リンク2-5)まで低減することができる。セクタアクティブ化は、干渉レベルを低減するが、必ずしもスループット利得を増大させるとは限らない。

【0053】

図9(b)に、全てのアンテナパターンにわたるRSS_{diff}値を、スループット利得が高い順に示す。各リンクにつき、パターンはまず、スループット利得が高い順に分類され、次いで、同じランキングのRSS_{diff}値が平均化される。アクティブ化されるセクタの数ごとに、RSS_{diff}値がスループット利得と関係しないことを観察することができる。特に、最高スループット利得については、これらは一定のままである。したがって、アクティブ化されるセクタの数を選択することによって、一定の干渉レベルを被るスループット利得を最大化することが可能であり、干渉レベルは、1Txセクタアクティブ化パターンが検討されるときに最小である。要約すると、アンテナ指向性利得がない場合の干渉レベルは、アクティブ化されるセクタの数に比例し、最大スループット利得とはほとんど相関がない。

【0054】

図10に、アンテナ指向性利得があるときの、各リンクの近傍におけるオムニモードの平均RSS_{diff}値を示す。アンテナ指向性利得がない場合(図9(a)の議論を参照されたい)とは対照的に、全てのリンクおよびTxセクタアクティブ化セットにわたり、平均RSS_{diff}値は、せいぜい3dBであり、オムニモードの7dB範囲内である。平均3dBの干渉低減は、802.11nキャリアセンシングをディセーブルしてそれにより空間再利用を増大させるには、低すぎることがある。また、干渉低減は、アクティブ化されるセクタの数に依存しない。2セクタアクティブ化は、単一セクタアクティブ化よりも2.3dB低いアンテナ指向性利得を有するが(表1参照)、その角度カバー範囲は單一アクティブ化セクタの2倍である。加えて、MIMOシステム中で複数のアンテナを使用することは、受信機が單一アンテナ受信機よりも多くの信号経路を捕捉して、したがってより強い信号を受信するより多くの機会をもたらす。このように、アンテナ指向性利得があるとき、干渉低減は小さく、アクティブなセクタの数に依存しない。

【0055】

上記の知見に基づき、2つの実装形態を考えることができる。すなわち、(1)MIMOがスループット利得および空間再利用を利用するための、指向性利得なしのマルチセクタアンテナと、(2)MIMOがスループット利得を増大させるための、指向性利得ありのマルチセクタアンテナである。

【0056】

実装形態(1)は、スループット利得に加えて空間再利用を活用して、ネットワーク全体にわたる性能を向上させることができる。しかし、空間再利用は、異なるリンク間の調整機構を必要とする隠れた端末を犠牲にしてもたらされる。さらに、上でさらに論じたように、SNR情報が実際のハードウェアから入手可能でない場合に、大きいまたは正のスループット利得を有するパターンをどのように見つけるかは、まだはっきりしていない。

【0057】

実装形態(2)は、控えめな空間再利用を伴うが、より高いスループット利得およびよ

10

20

30

40

50

り単純なプロトコル設計をもたらす。それは、セクタアクティブ化のために異なるリンク間の調整を必要としない。さらに、RSSさえも使用して、良いアクティブ化パターンを見つけることもでき、IEEE802.11nとの逆方向互換性をもたらす。

【0058】

以下のセクションでは、本発明による、セクタを自動的に選択およびアクティブ化する方法を提示する。本発明の方法は、前の段落で提示した実装形態(2)に基づく。本質的に、本発明の方法は以下のステップを含む。

【0059】

- まず、標準または通常動作の前に、候補アクティブ化パターンセット(P として示される)が選択される。パターンの品質を推定するための測定基準もまた選ばれる。候補測定基準は、例えば、SNRやRSSなどの、明示的なフィードバックベースの測定基準、および、通常のパケット伝送によって測定されるパケット誤り率(PER)などの、明示的でないフィードバックベースの測定基準である。次いで、 P 中の全てのパターンがプロービングされランク付けされる。初期設定が実施されると、標準動作中に以下のステップが実行される。

【0060】

- 時間にわたる測定基準履歴に基づいて、 N 個のパターンが P から選択される。
 - N 個のパターンがプロービングされて、 T 時間間隔中の測定基準値が得られる。
 - N 個のパターン全てがプロービングされると、全てのパターンがそれらの平均測定基準値に基づいて分類され、次いで、最良の平均ランクを有するパターンが選択される。

【0061】

最初のステップは、良い初期状態からの開始を可能にし、良いサブセットに収束するまでの時間を短縮する。標準動作中に実施されるステップは、最大スループットパターンができるだけ多くの回数含むことになる P のサブセットを見つけることを狙いとする。これらのステップは、サブセットを短時間で評価および選択し、サブセットをスループットの点から漸進的に精緻化する。これは例えば、それまでに収集された値の測定基準平均、例えばSNR、RSS、またはPERをとることによって行われる。しかし、即時の測定結果を使用するのではなく、時間にわたって平均化された測定基準が使用されるが、サブセットは最終的に、時間平均化されたランクに基づいて選択される。このようにして、本発明の方法は、測定基準の実際の値を重視するのではなく、調べられているパターンの順序を重み付けする。プロービングは、選択されたサブセット N のセクタに制限される。最後に、最良のパターンが選択される。ランクは、時間にわたって平均化されたリンク性能を測定することによって決定され、選択は、平均化されたランクに従って行われる。

【0062】

本発明によれば、3つのパラメータ P 、 T 、および N を決定する必要がある。 P は、パターンセット全体の任意のサブセットとすることができます。例えば、 P は、単一のアクティブなセクタを使用する Tx アクティブ化からのパターンのセットとすることができます、これらは総計 16 個である。しかし、この種類のパターンに限定されない。セットが大きいほど、プロービングのための良いサブセットを見つけるのは困難であることに留意されたい。同時に、より多くのスループット利得を予想することができる。大きい候補セットが決定された後は、時間平均化されたランクを利用してセットのサイズが縮小されることになり、プローブの数が削減される。 T の選択は、 P 中の最高スループットを有するパターンがどれくらいの頻度で変化するかに依存する。さらに、チャネル変動がどれくらい正確に経時的に追跡されるかにも依存する。上でさらに論じたように、最高スループットを有するパターンは、典型的な屋内環境におけるチャネル特性に従い、小さい時間尺度で変化する。したがって、チャネル変動を最も正確に追跡するには、 T は、コヒーレンス時間(通常は約 1 秒)よりもかなり短くすべきである。他方、正確さの劣る追跡を受け入れるのをいとわないが経時的なプロービングオーバヘッドを低減して、数秒または数十秒の T を選ぶこともできる。

【0063】

10

20

30

40

50

選ばれた T および N について、 N が決定されたときの追加のプローピングオーバヘッドの量を考慮すべきである。オーバヘッド量は、使用される物理または M A C プロトコルに非常に特有なので、実際の実装形態に依存する。例えば、プローピング動作は、追加のパケット交換動作として、または既存の通常のパケット転送スケジュールに便乗させるものとして、実際のプロトコルに統合することができる。その後、スループット利得がプローピングオーバヘッドによるスループット損失に勝るように、 N を選ぶことができる。

【 0 0 6 4 】

$T \times$ セクタアクティブ化の場合のパターンが、 P と呼ばれる。評価のために全ての P についての S N R および R S S が収集され、公平な比較のために、収集されたデータセットに対してランク付けが実施される。このデータセットを収集するために、あるパターンとオムニモードの両方で、同じ S N R 測定がバックツーバック方式で実施される。測定は、十分な回数、例えば 40 回繰り返され、また、様々な日時および曜日について繰り返される。測定は、全てのリンクについて繰り返される。図 11 に、選択元となる異なる数のリンクアンテナパターンについてのスループット利得を例示的に示す。

【 0 0 6 5 】

図 12 に、 $N = 8$ の場合に、全てのリンクにわたって、かつ時間にわたって平均化されたスループット利得を示す。2つの測定基準、すなわち、それぞれ図 12 (a) および図 12 (b) の S N R および R S S が検討される。図において、「最大」は、最大の測定基準値を有するパターンが各時間ごとに選択されるときのスループット利得である。「ランクあり」は、サブセット選択のためにパターンのランクを使用することに対応し、「ランクなし」は、単純に S N R または R S S 値の時間平均を使用することに対応する。図 12 (a) と 12 (b) の両方から、本発明の方法が、正のスループット利得をもたらすアクティブ化パターンをうまく選択することが明らかである。特に、S N R を用いたランクベースの選択は、検討されるパターンの数が半分に削減されたときでも、50%よりも大きい利得を提供し、最大は 62% である。本発明の方法が R S S に従って選択するとき、最大利得は 23% であり、これは S N R に従った選択よりもずっと小さい。したがって、S N R の使用が有利である。 N が増大するのに伴って両方の変量は最大に近づくが、ランクベースの選択の急峻さは、時間平均ベースの急峻さよりもずっと急である。これもやはり、結局は、チャネルは頻繁に変化するが、少数のパターンが最大スループット利得に近い利得の達成に成功し続けることを示す。

【 0 0 6 6 】

図 12 は、本発明の方法が、特定のリンク 2 - 3 において $N = 8$ のときに最高スループットを有するパターンをどれだけうまく経時的に追跡するかを明らかにする。S N R を使用すると、ランクベースの選択は、ほぼ全ての時間で最高のスループットを有するパターンをうまく見つける。しかし、時間平均ベースの選択は、S N R を使用しても、相対的に性能が低い。16 個のうち 8 個のパターンが S N R についてプローピングされるので、低い性能は、生の時間平均ベースの選択が、チャネルの小さい時間尺度の変動の影響をより受け、良いパターンサブセットの長期定常性による影響をあまり受けないことを示す。

【 0 0 6 7 】

本発明は、アンテナアクティブ化パターンの限られたサブセットを使用してスループット利得を有することができるという知見を使用する。サブセットは、 $R \times$ および $T \times$ の全てのアクティブ化パターンについて S N R を収集し、ある時間にわたる S N R の安定性を決定し、パターンをそれらの長期安定性に従ってランク付けすることによって、決定される。スループットが閾値を下回る場合は、所定の閾値よりも高い長期 S N R を有することがわかったパターンのみが検討される。S N R の決定は、環境の変化を補償するために、定期的に繰り返すことができる。本発明は有利にも、スループットが低下した場合に適切なアンテナパターンを見つけるために、過剰なパケット情報追跡と共に全ての可能性あるアンテナパターンのブルートフォーステストを行う必要性を回避する。

本発明は以下の態様を含む。

(付記 1)

10

20

30

40

50

セクタ化された指向性アンテナを使用するMIMOワイヤレス伝送システムにおいて送信および／または受信のためのアンテナセグメントを選択する方法であって、

ランク付けされたリンクアンテナパターンの初期セットから、最良の平均ランクを有するリンクアンテナパターンを選択するステップであって、前記リンクアンテナパターンは、アクティブ化されるアンテナセグメントの異なる選択に対応し、それらの平均リンク性能に従ってランク付けされている、前記ステップと、

所定の時間間隔で、前記最良の平均ランクに対して所定の範囲内にある平均ランクを有するリンクアンテナパターンのサブセットを連続的に選択するステップと、

前記選択するステップで選択された前記リンクアンテナパターンの平均リンク性能を決定するステップと、

前記決定するステップで前記平均リンク性能が決定された前記リンクアンテナパターンの、平均ランクを決定するステップと、

前記最良の平均ランクを有する前記リンクアンテナパターンに対応する、送信および／または受信のためのアンテナセグメントを選択するステップと、

次の前記所定の時間間隔で前記プロセスを繰り返すステップと、
を含む、前記方法。

(付記2)

前記サブセットの一部として選択されなかった前記リンク性能パターンの前記平均ランクは前と同じのままである、付記1に記載の方法。

(付記3)

前記リンクアンテナパターンランクが平均化される期間は移動ウインドウ期間であるか、または、前記平均ランクは指数平均として決定される、付記1に記載の方法。

(付記4)

ある日時または曜日にリンクアンテナパターンの異なるサブセットが提供される、付記1に記載の方法。

(付記5)

送信機と受信機との間でリンクが確立され、前記送信機または前記受信機は、どのリンクアンテナパターンを選択するかを前記それぞれの受信機または送信機に知らせる、付記1に記載の方法。

(付記6)

リンクアンテナパターンの前記サブセットの一部でない新しいリンクアンテナパターンを選択し、リンク性能測定およびランク付けを実行するステップと、

前記新しいリンクアンテナパターンよりも低いランクを有する、リンクアンテナパターンの前記サブセット中のリンクアンテナパターンを置き換えるステップと、
をさらに含む、付記1に記載の方法。

(付記7)

前記所定の時間間隔は、最良のランクを有する前記リンクアンテナパターンがどれくらいの頻度で変化するかに応じて動的に適応する、付記1に記載の方法。

(付記8)

前記所定の時間間隔は、日時および／または曜日に応じて動的に適合される、付記1に記載の方法。

(付記9)

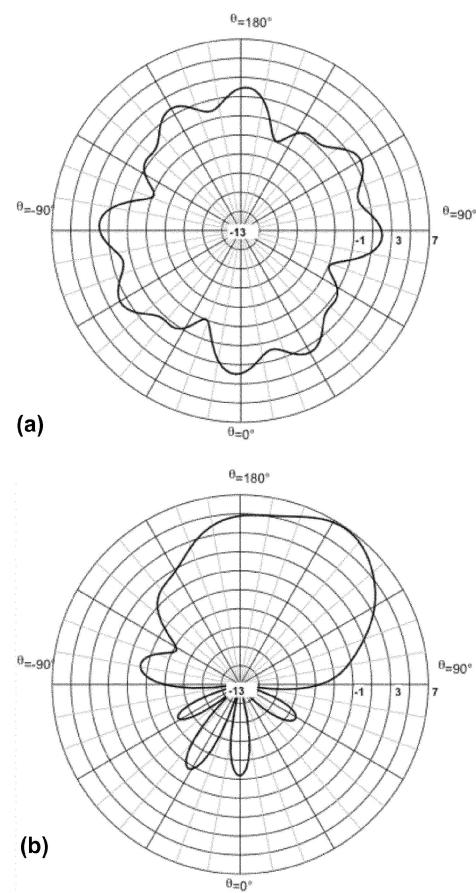
マイクロプロセッサと、プログラムメモリと、データメモリと、少なくとも2つのアンテナを有しMIMO方式で動作するように適合されたワイヤレス送信機および／または受信機と、を備える装置であって、前記アンテナは区分型指向性アンテナであり、前記プログラムメモリは、付記1から8のいずれか一つに記載の方法を実行するように適合されたプログラム命令を保持する、前記装置。

(付記10)

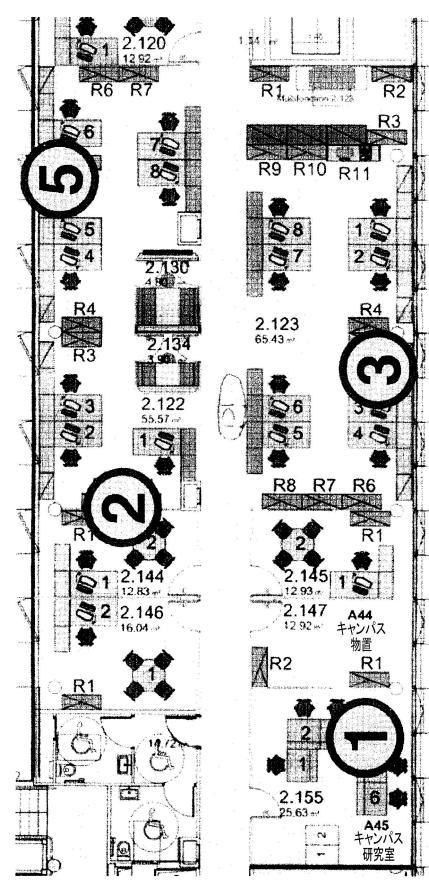
プログラム情報の非一時的記憶に適合されたコンピュータ読取可能媒体であって、プログラム情報を記憶し、前記プログラム情報は、マイクロプロセッサと、プログラムと、デ

一タメモリと、ワイヤレス送信機および／または受信機と、少なくとも2つの区分型指向性アンテナと、を有するデバイスによって実行されたとき、付記1から8のいずれか一つに記載の方法を前記デバイスが実施できるようにする、前記コンピュータ読取可能媒体。

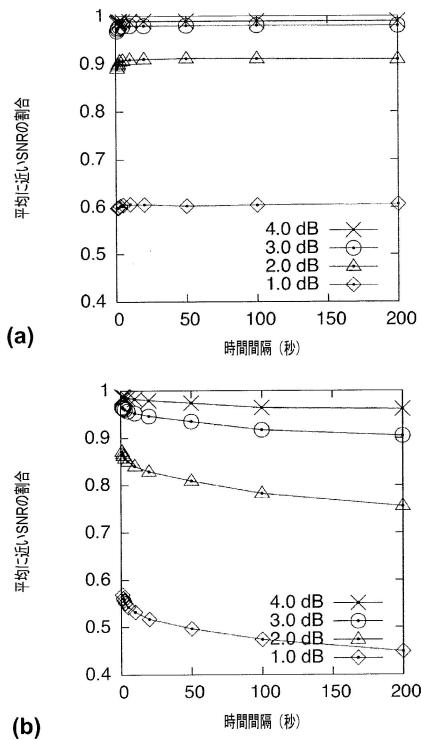
【図1】



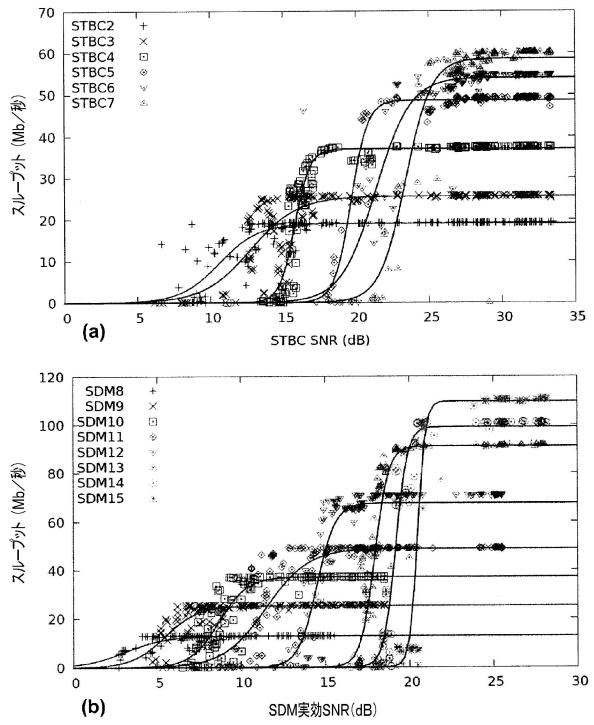
【図2】



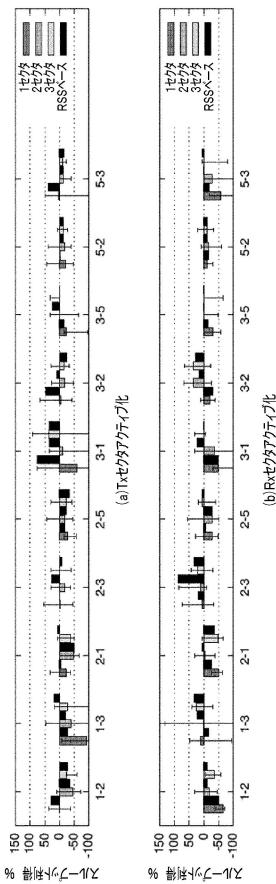
【図3】



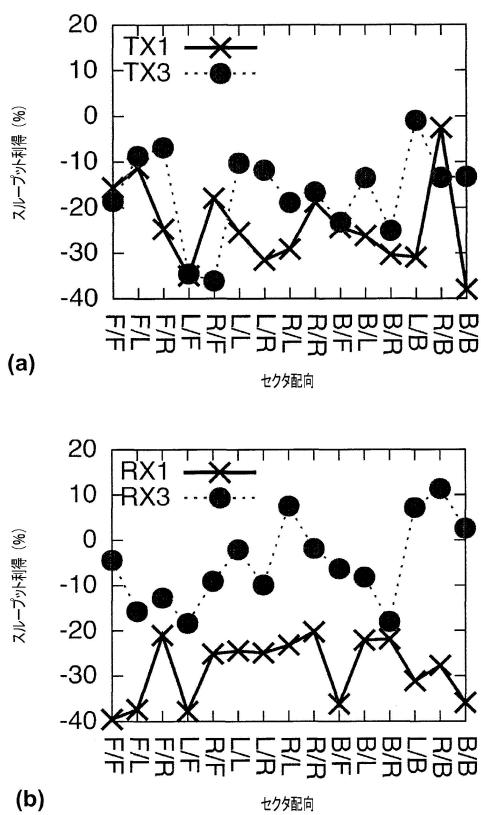
【図4】



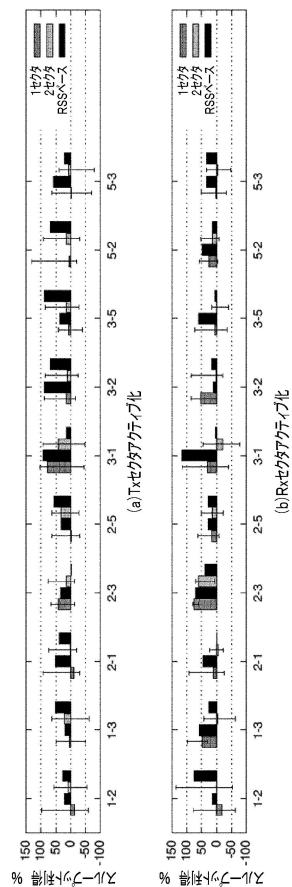
【図5】



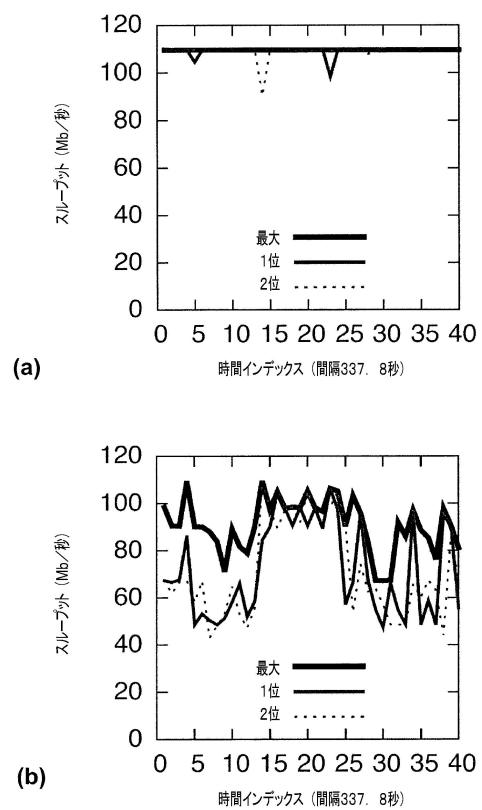
【図6】



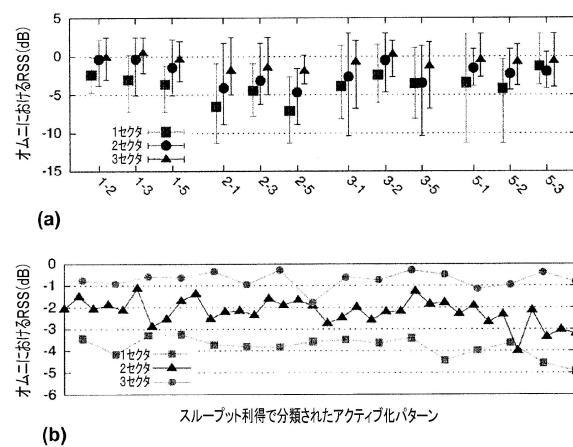
【図7】



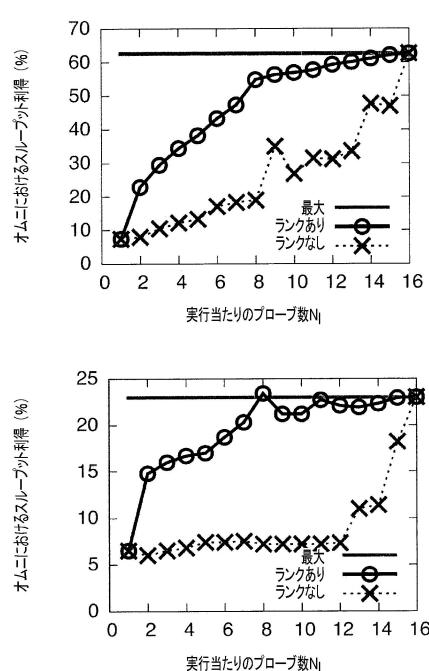
【図8】



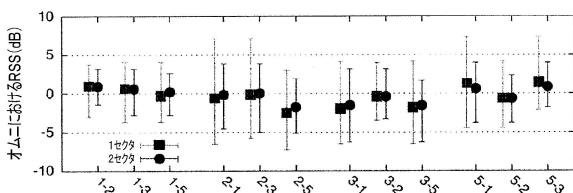
【図9】



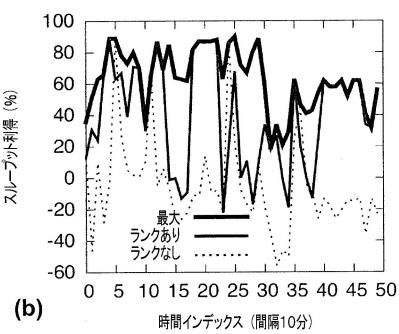
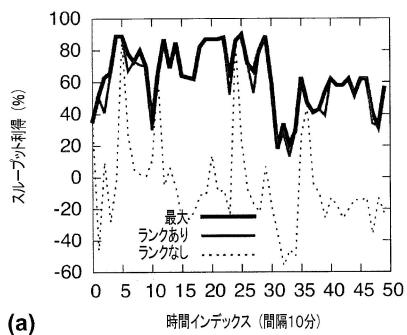
【図11】



【図10】



【図 1 2】



フロントページの続き

(74)代理人 100134120

弁理士 内藤 和彦

(74)代理人 100108213

弁理士 阿部 豊隆

(72)発明者 テオドロス サロニディス

アメリカ合衆国 02141 マサチューセッツ州 ケンブリッジ セカンド ストリート 11
0 アパートメント 110

(72)発明者 テ ヒヨン キム

大韓民国 135-925 ソウル カンナム-グ ヨクサム-ロ 180

(72)発明者 ヘンリック ラングレン

フランス 92443 イッシー-レ-ムーリノー セデックス ル ジャンヌ ダルク 1 テ
クニカラ-リサーチ アンド イノベーション内

審査官 岡 裕之

(56)参考文献 特開2008-92433 (JP, A)

特表2012-516119 (JP, A)

米国特許出願公開第2008/0227498 (US, A1)

Anand Prabhu Subramanian et al., Topology Control Protocol Using Sectorized Antennas in Dense 802.11 Wireless Networks, Network Protocols, 2009. ICNP 2009. 17th IEEE International Conference on, 2009年11月, pp.1-10

Tae Hyun Kim et al., MIMO Wireless Networks with Directional Antennas in Indoor Environments, The 31st Annual IEEE International Conference on Computer Communications: Mini-Conference, 2012年 3月30日, pp.2941-2945

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04W 16/28

H04B 7/04

H04J 99/00

IEEE Xplore

Cini

3GPP TSG RAN WG1-4

SA WG1-2

CT WG1