

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号  
特許第4871355号  
(P4871355)

(45) 発行日 平成24年2月8日(2012.2.8)

(24) 登録日 平成23年11月25日(2011.11.25)

(51) Int.Cl.

F I

HO 4 W 84/18 (2009.01) HO 4 Q 7/00 6 3 3

HO 4 W 92/20 (2009.01) HO 4 Q 7/00 6 9 3

請求項の数 11 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2008-510714 (P2008-510714)	(73) 特許権者	590000248
(86) (22) 出願日	平成18年5月12日 (2006.5.12)		コーニンクレッカ フィリップス エレク
(65) 公表番号	特表2008-541603 (P2008-541603A)		トロニクス エヌ ヴィ
(43) 公表日	平成20年11月20日 (2008.11.20)		オランダ国 5 6 2 1 ベーアー アイン
(86) 国際出願番号	PCT/IB2006/051506		ドーフエン フルーネヴァウツウェッハ
(87) 国際公開番号	W02006/120652		1
(87) 国際公開日	平成18年11月16日 (2006.11.16)	(74) 代理人	100087789
審査請求日	平成21年5月11日 (2009.5.11)		弁理士 津軽 進
(31) 優先権主張番号	60/680,703	(74) 代理人	100114753
(32) 優先日	平成17年5月12日 (2005.5.12)		弁理士 宮崎 昭彦
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100122769
(31) 優先権主張番号	60/758,440		弁理士 笛田 秀仙
(32) 優先日	平成18年1月11日 (2006.1.11)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線メッシュネットワークのための分散型学習方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

無線ネットワークであって、該無線ネットワークに参加する複数のメッシュポイントを有し、これら複数のメッシュポイントの第1のメッシュポイントは、当該無線ネットワークにおける同時的送信の干渉に対する自身と前記複数のメッシュポイントのうちの第2のメッシュポイントとの間における成功する送信の確率を推定する第1の比を計算し、前記複数のメッシュポイントの前記第1のメッシュポイントは、自身と前記複数のメッシュポイントのうちの前記第2のメッシュポイントとの間における送信からの干渉に対する当該無線ネットワークにおける同時的送信の成功する確率を推定する第2の比を計算し、前記第1のメッシュポイントが前記第2のメッシュポイントに対して送信すべきかを、前記第1の比を第1の閾値と比較すると共に前記第2の比を第2の閾値と比較することに基づいて判定する、無線ネットワーク。

【請求項 2】

前記第1の比が受信機の搬送波対干渉比であり、前記第2の比が干渉の搬送波対干渉比である請求項1に記載の無線ネットワーク。

【請求項 3】

前記無線ネットワークがメッシュネットワークである請求項1に記載の無線ネットワーク。

【請求項 4】

請求項1に記載の無線ネットワークにおいて、前記複数のメッシュポイントのうちの少

なくとも1つが世界モデルを作成し、該世界モデルが、当該無線ネットワークに参加する前記複数のメッシュポイントのうちの他のものの少なくとも幾つか、及び当該無線ネットワークに参加する前記複数のメッシュポイントのうちの他のものの前記少なくとも幾つかの各々に関する計算された比を含む無線ネットワーク。

【請求項5】

請求項1に記載の無線ネットワークにおいて、前記複数のメッシュポイントのうちの前記第1のメッシュポイントが前記複数のメッシュポイントのうちの前記第2のメッシュポイントを使用して前記複数のメッシュポイントのうちの第3のメッシュポイントと通信し、前記第1及び第3のメッシュポイントが互いの無線通信範囲外にある無線ネットワーク。

10

【請求項6】

複数のメッシュポイントを有する無線ネットワークにおいて第1のメッシュポイントが、第3のメッシュポイントが同一のリンク上で第4のメッシュポイントに同時に送信している間に第2のメッシュポイントに対して送信することができるかを判定する方法であって、前記第1のメッシュポイントにより、前記第3のメッシュポイントと前記第4のメッシュポイントとの間における同時的送信の干渉に対する前記第1のメッシュポイントと前記第2のメッシュポイントとの間における成功する送信の確率を推定する第1の比を計算するステップと、前記第1のメッシュポイントが送信する場合の前記第4のメッシュポイントにおける前記第1のメッシュポイントによる干渉に対する前記第3のメッシュポイントと前記第4のメッシュポイントとの間における同時送信の成功する確率を推定する第2の比を計算するステップと、前記第1のメッシュポイントが前記第2のメッシュポイントに対して送信すべきかを、前記第1の比を第1の閾値と比較すると共に前記第2の比を第2の閾値と比較することに基づいて判定するステップとを有する方法。

20

【請求項7】

複数のメッシュポイントを有する無線ネットワークにおいて第1のメッシュポイントが、第3のメッシュポイントが同一のリンク上で第4のメッシュポイントに同時に送信している間に第2のメッシュポイントに対して送信することができるかを判定する方法であって、

前記第3のメッシュポイントと前記第4のメッシュポイントとの間における同時送信の信号強度を決定するステップと、

30

前記第1のメッシュポイントにより、前記第1のメッシュポイントが送信する場合の前記第4のメッシュポイントにおける前記第1のメッシュポイントによる干渉の信号強度を推定するステップと、

前記第1のメッシュポイントが送信する場合の前記第4のメッシュポイントにおける前記第1のメッシュポイントによる干渉の信号強度に対する前記第3のメッシュポイントと前記第4のメッシュポイントとの間における同時送信の信号強度の第1の搬送波対干渉（C o I）比を計算するステップと、

前記第2のメッシュポイントにおける前記第3のメッシュポイントの同時的送信の干渉の信号強度を決定するステップと、

前記第1のメッシュポイントにより、前記第1のメッシュポイントと前記第2のメッシュポイントとの間における送信の信号強度を推定するステップと、

40

前記第2のメッシュポイントにおける前記第3のメッシュポイントの同時的送信の干渉の信号強度に対する前記第1のメッシュポイントと前記第2のメッシュポイントとの間における送信の信号強度の第2の搬送波対干渉（C o I）比を計算するステップと、

前記第1のメッシュポイントが前記第2のメッシュポイントに対して送信すべきかを、前記第1のC o I比を第1の閾値と比較すると共に前記第2のC o I比を第2の閾値と比較することに基づいて判定するステップとを有する方法。

【請求項8】

請求項7に記載の方法において、前記第1のC o I比が干渉のC o I比であり、前記第2のC o I比が受信機のC o I比である方法。

50

## 【請求項 9】

請求項 7 に記載の方法において、前記方法が、前記第 1 のメッシュポイントにより、前記無線ネットワークにおける他のメッシュポイントを検出するステップを有し、前記検出するステップが、ビーコンフレーム、ビーコンヘッダ又はこれらの集合の受信のうちの少なくとも 1 つを読み取ることにより実行される方法。

## 【請求項 10】

請求項 7 に記載の方法において、前記決定するステップが、前記第 3 のメッシュポイントの信号強度を測定することにより実行される方法。

## 【請求項 11】

請求項 7 に記載の方法において、前記推定するステップが、MAC レイヤのビーコンアクセス期間におけるタイミング情報を用いて前記信号強度を推定することにより実行される方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、無線メッシュネットワークのための分散型学習方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

MBOA (マルチバンド OFDM アライアンス) は、超広帯域 (UWB) 周波数帯域上で動作する WPAN (無線パーソナルエリアネットワーク) 用の分散型システムである。将来のトラフィックのためのチャンネル資源予約を行う DRP (分散型予約プロトコル) により、上記 MBOA システムは、例えば優先化チャンネルアクセス (PCA) 等の他の競合型プロトコルが提供するよりも、単一のホップ通信シナリオにおいて大幅に高いチャンネルアクセス効率を提供する。

## 【0003】

メッシュネットワークは、2 つの接続構成のうちの一方、即ち全メッシュトポロジ又は部分メッシュトポロジを採用した PAN (パーソナルエリアネットワーク) である。全メッシュトポロジでは、各ノードは他のものの各々に直接接続される。部分メッシュトポロジでは、幾つかのノードは他の全てに接続されるが、ノードの幾つかは、これらが殆どのデータを交換する他のノードのみに接続される。メッシュネットワークは、送信パワー又は受信感度を増加させること無しにネットワーク領域の地理的拡張を提供する能力を有している。また、メッシュネットワークは、経路の冗長性による向上された信頼性、一層容易なネットワーク構造を提供すると共に、データの再送信が一層少ないという潜在能力により装置の電池寿命を増加させることができる。

## 【0004】

無線メッシュネットワークは、特に悪い条件において装置がネットワークを介してパケットを送信する際に相互に助け合うようなマルチホップシステムである。或る位置において最小の準備でメッシュネットワークを確立することができる。このようなメッシュネットワークは、アドホックネットワークとも呼ばれる。メッシュネットワークは、数千もの装置に容易に拡張することができるような信頼性のある柔軟なシステムを提供する。

## 【0005】

元々、MIT において工業用制御及び感知のために開発された無線メッシュネットワーク技術は、アドホックマルチホップネットワークと呼ばれるポイントツーポイントツーポイント (point-to-point-to-point) 又はピアツーピアシステムである。斯様なネットワークのノードはメッセージを送信及び受信することができる。更に、メッシュネットワークにおけるノードは、メッセージを近隣のノードのために中継することができるようなルータとしても機能することができる。斯かる中継処理により、無線データの packets は、信頼性のある通信リンクを持つ中間ノードを通過して、宛先までの道を見付ける。無線メッシュネットワークでは、メッセージを宛先まで中継するために複数のノードが協働する。メッシュ技術はネットワークの全体的信頼性を向上させるが、これは、過酷な工業環境

10

20

30

40

50

で動作する場合に特に重要である。

【 0 0 0 6 】

図 1 を参照すると、前記中継処理により、無線データの packets は、信頼性のある通信リンクを持つ中間ノードを通過することにより、自身の宛先までの道を見付ける。無線メッシュネットワーク 10 において、複数のノード 12、14、16 は協働してメッセージを元のノード 18 から宛先ノード 20 まで中継する。メッシュ技術 10 は、ネットワークの全体的信頼性を向上させるが、これは過酷な工業的環境において動作する場合に特に重要且つ有効である。

【 0 0 0 7 】

インターネット及びピアツーピアのルータ型ネットワークと同様に、メッシュネットワーク 10 は当該ネットワークを介して複数の冗長した通信経路を提供する。ノード間の或るリンク（例えば、ノード 14 とノード 16 との間）が何らかの理由（強い RF 干渉の発生を含む）で故障した場合、当該ネットワークは代替経路（例えば、ノード 14 からノード 22 へ、次いでノード 20 へ）を介して自動的にメッセージの経路決めを行う。

【 0 0 0 8 】

メッシュネットワークにおいては、ノード間の距離の短縮がリンク品質を劇的に増加させるであろう。ノード間の距離が係数 2 で減少された場合、結果としての信号は受信部において少なくとも 4 倍パワフルになる。このことは、個々のノードにおける送信パワーを増加させる必要性なしに、リンクを一層信頼性のあるものにさせる。メッシュネットワークにおいては、当該ネットワークに一層多くのノードを単に追加することにより、到達範囲を拡大し、冗長性を追加し、ネットワークの全体的信頼性を向上させることができる。

【 0 0 0 9 】

超広帯域無線（UWB）は、大量のデジタルデータを広いスペクトルの周波数帯域上で非常に低いパワーで短い距離に対して送信する無線技術である。超広帯域無線は、非常に低いパワー（0.5 ミリワット未満）で 230 フィートまでの距離にわたり大量のデータを伝えることができると共に、一層高いパワーで動作する一層限られた帯域幅での信号を反射する傾向のある扉及び他の障害物を通して信号を伝えるような能力を有する。超広帯域は、手持ち無線装置を他の同様の装置と及び / 又は例えばデスクトップコンピュータに接続するための規格であるブルートゥース等の他の短距離無線技術と同等のものである。

【 0 0 1 0 】

超広帯域無線は、非常に正確にタイミングをとられたデジタルパルスを、キャリア信号上で非常に広いスペクトルにわたり（複数の周波数チャンネル上で）同時に放送する。広帯域送信機及び受信機は、パルスを 1 秒の一兆分の 1 の数倍（trillionths）以内の高精度で送信及び受信するように協調されねばならない。超広帯域無線システムで使用される如何なる所与の周波数帯域上においても、超広帯域信号は斯かる帯域上の通常の信号よりも少ないパワーしか必要としない。更に、超広帯域信号の予測されるバックグラウンドノイズは、理論的に干渉が可能でないほど低い。

【 0 0 1 1 】

超広帯域無線は種々の状況において使用されており、今日の UWB の 2 つの有力なアプリケーションは、信号が近くの表面は通過するが遠く離れた表面は反射し、壁又は他の覆いの背後の物体が検出されるのを可能にするレーダ、並びに非常に低いパワーの相対的に低コストの信号が限られた範囲内で非常に高いレートで情報を伝達するのを可能にする様なデジタルパルスを用いた音声及びデータの伝送に関わるアプリケーションを含む。

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 2 】

本発明の実施例は、他の送信が同じ通信リンク上で行われている間に、他のメッシュポイントに同時に送信すべきかを決定する、メッシュネットワークにおけるメッシュポイントのための方法を提供する。メッシュポイントは、該メッシュポイントの送信干渉が他のメッシュポイントからの同時的送信を妨害するならば、他のメッシュポイントへ送信して

10

20

30

40

50

はならない。更に、送信側メッシュポイントは、当該送信が他のメッシュポイントからの同時的送信からの干渉により受信側メッシュポイントにおいて妨害されるならば、受信側メッシュポイントに送信してはならない。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の一実施例は、当該無線ネットワークに参加している複数のメッシュポイントを有するような無線ネットワークとすることができる。該複数のメッシュポイントの各々は、成功している送信からの干渉により当該無線ネットワークにおける同時的送信を妨害することなしに、自身と上記複数のメッシュポイントにおける少なくとも他の1つとの間で成功する送信の確率を推定する第1の比を計算する。

10

【0014】

本発明の他の実施例では、無線ネットワークは複数のメッシュポイントを含み、他のメッシュポイントが同じリンク上で同時に送信している間に第1のメッシュポイントが第2のメッシュポイントに送信することができるかを判定する方法が使用される。該方法は、第1のメッシュポイントにより当該無線ネットワークにおける他のメッシュポイントを検出するステップと、該第1のメッシュポイントにおいて当該無線ネットワークにおける上記検出された他のメッシュポイントの信号強度を決定するステップとを含む。該方法は、第1メッシュポイントにおいて、該第1メッシュポイントが送信している場合に第2メッシュポイントにおいて測定されるであろう信号強度を推定する。該第1メッシュポイントは、次いで、第1の搬送波対干渉(CoI)比を計算する。該方法は、上記第1CoI比を閾値と比較することに基づき、第1メッシュポイントが第2メッシュポイントに送信すべきかを判定することにより継続する。

20

【0015】

本発明の実施例は、マルチホップネットワークで使用することができる。更に、本発明の実施例は、限定されるものではないが、将来のIEEE 802.11s(ESS MESH)規格に準拠することを含み、MACプロトコル及びIEEE 802.11規格と一緒に使用することができる。また、本発明の実施例はメッシュネットワーク(即ち、WPAN)を支援する他の無線規格及び技術にうまく適用することもできる。本発明の実施例は、同一の通信リンク又はチャンネル上で生じる同時的送信を支援するためにメッシュネットワークトポロジを利用する。

30

【0016】

上述した発明の開示は、本発明の各実施例又は全ての態様を表そうとするものではないと理解される。

【0017】

本発明の方法及び装置の一層完全な理解は、添付図面と共に下記の詳細な説明を参照することにより得ることができるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

IEEE 802.11等の無線LAN用の既存の媒体アクセスプロトコルは、マルチホップ通信を効率的にサポートしていない。従って、自動的トポロジ学習及び動的経路構成を可能にするような、無線リンク間で相互接続されたアクセスポイント(AP)の集合としての拡張サービスセット(ESS)を構築するのを可能にする手順を見付け及び定める需要が存在する。ESSメッシュは、局の基本サービスセット(BSS)及びESSとの関係に関しては、有線ESSと機能的に等価である。

40

【0019】

本発明の実施例は、一群の802.11アクセスポイント(AP)の間の無線分配システム(WDS)のための媒体アクセス制御(MAC)プロトコルを提供する。アクセスポイントの何れかに関連され、且つ、種々の実施例に従い動作する移動局は、1)所与の群内の如何なるアクセスポイントとも、2)当該群内のアクセスポイントに関連された如何なる移動局とも、及び3)メッシュゲートウェイを介して接続された如何なる外部ネットワーク

50

とも通信することができなければならない。

【 0 0 2 0 】

上述した点を可能にするアクセスポイント間の通信は、本発明の実施例における移動局に対して、特に局の位置に関して透明でなければならない。

【 0 0 2 1 】

この例示的無線分配サービスにおけるアクセスポイントは、2重の役割を果たす。一方において、アクセスポイントは基本802.11アクセスポイントとして作用し、関連する局に特別なフィーチャを提供する。他方において、アクセスポイントは自身で無線局であり、自身の基本サービスセット(BSS)に提供したサービスを満たすために互いに通信する。

10

【 0 0 2 2 】

2つのBSS及び1つの分配システム(DS)を伴う例示的な無線シナリオの典型的シナリオが、図2に示されている。

【 0 0 2 3 】

BSS1(26)における局1(20)、局2(22)及び局3(24)、並びにBSS2(32)における局4(28)及び局5(30)は、2つの重なり合わないBSSを構成している。BSS1(26)におけるアクセスポイント(AP)34及びBSS2(32)におけるアクセスポイント36は、BSS間通信を可能にする。無線分配システム(WDS)において上記通信をサポートするMACメカニズムを以下に説明する。

【 0 0 2 4 】

本発明の実施例による可能性のあるシナリオに関して、下記のような仮定をすることができる。

20

【 0 0 2 5 】

1) アクセスポイントのアドホック配置：

アクセスポイントの空間的位置は、これらアクセスポイント自身により及び他のアクセスポイントにより未知である。即ち、アクセスポイントは所与の領域に任意に配置することができる。環境の構造、隣接するAPの間の距離及び干渉状況に関する事前の知識はない。更に、AP又は斯かるAP間の障害物に関する地理的情報を得る可能性もない。

【 0 0 2 6 】

2) アクセスポイントのトポロジは半静止的～静止的である：

30

如何なるAPの変化の速度も、トラフィックパターン及び関連する局の運動と比較して無視可能である。

【 0 0 2 7 】

3) アクセスポイントのネットワークは完全には接続されていない：

室内条件又はサービスされるべき大きな領域故に、AP間の直接通信の可能性を記述する、該APの通信グラフ(communication graph)が完全に接続されると仮定することはできない。しかしながら、APの各対は、恐らくは幾つかの他のAPの経路により接続されねばならず、これは、当該通信グラフが接続されることを意味する。

【 0 0 2 8 】

この仮定の1つの意味は、集中化された協調の如何なる試みも複雑化させるような、DSにおける簡単な放送の不可能さである。他のものは、APがデータを或るAPから他のAPへ、等々のように中継し、かくして該データが最終宛先まで進行し続けることができるようにするマルチホップメカニズムの必要性である。

40

【 0 0 2 9 】

マルチホップ通信が必要とされる例示的シナリオを図3に見ることができ、該シナリオは他の無線マルチホップシナリオ40である。AP46とAP48との間のマルチホップ接続44及びDS42の透明な使用により、BSS1(50)における局は、インターネット52に対してゲートウェイとして働く局8(46)に接続することができる。マルチホップ可能化されたDS42無しでは、これは不可能である。何故なら、局4(48)は局8(46)に無線で到達し通信することができないからである。

50

## 【 0 0 3 0 】

例示的アクセスポイントは、単一の周波数無線のみを有すればよい。この要件は、A Pの構成を簡略化すると共にコストを低減するが、D S及び各B S Sが同一の無線媒体を共有しなければならないという複雑さを生じ、結果として競合及び効率の低下の可能性が生じる。M A Cプロトコルの例示的改善は、二重周波数無線又は多周波数無線を用いて達成することができる。

## 【 0 0 3 1 】

以下に説明する本発明の実施例において、局は、( 1 ) B S Sの関連付け及び作成等の管理サービスを提供することが可能な基本802.11アクセスポイントであり、( 2 )自身のアクセスポイント機能にとり必要な能力を得るために自身のピアの間でマルチホップ通信を使用することができるような、無線分配システムにおける局であり、( 3 )メッシュネットワーク局又はメッシュポイントであると定義される上述したようなシナリオに置かれると理解されるべきである。

## 【 0 0 3 2 】

A Pトラフィックフェーズで使用されるE D C Aとは対照的に、例示的M A Cプロトコルは、メッシュネットワークにおいて効率的なマルチホップ通信を可能にする。等しい長さのネゴシエーションされた送信機会(TxOPs)の使用の結果、全ての隣接するメッシュポイントはTxOPの間において当該メッシュネットワークにおけるどのメッシュポイントが何の役割を果たすかを学習することができるので、予測可能な媒体アクセスが得られる。このメッシュポイントに提供される向上された知識/情報は、当該プロトコルに一層大きな空間的再利用を許容するのを可能にさせ、この結果、例示的メッシュネットワークの容量が増加する。

## 【 0 0 3 3 】

空間的再利用の可能性に関する簡単な例を、図4に見ることができる。メッシュポイントS T A 1 ( 6 0 )、S T A 2 ( 6 2 )、S T A 3 ( 6 4 )及びS T A 4 ( 6 8 )は、各々、自身のB S S及び恐らくは幾つかの関連する移動局を有している。メッシュポイントS T A 1 ( 6 0 )のB S Sにおける移動局は、メッシュポイントS T A 4 ( 6 8 )をアドレス指定したトラフィックを発生し(S T A 4 ( 6 8 )は、例えば、インターネットに対するゲートウェイ又はポータルである)、メッシュポイントS T A 4 ( 6 8 )はトラフィックに応答する。

## 【 0 0 3 4 】

メッシュポイントS T A 1 ( 6 0 )及びS T A 4 ( 6 8 )は互いに受信範囲外にあるので、これらメッシュポイントは互いに直接通信することはできない。これらメッシュポイントは、( 1 a ~ c )及び( 2 a ~ c )として示されるように、メッシュポイントS T A 2 ( 6 2 )及びS T A 3 ( 6 4 )を介して2、3のホップ経路を使用しなければならない。

## 【 0 0 3 5 】

メッシュポイントS T A 3 ( 6 4 )が、送信の間にメッシュポイントS T A 1 ( 6 0 )によりメッシュポイントS T A 3 ( 6 4 )において発生される干渉が低い故にリンク( 1 a )及び( 2 c )の同時的使用が可能であると推定することができる場合、メッシュポイントS T A 3 ( 6 4 )は、使用されるT x O Pの数がリンク( 1 a )に対して使用されるものと同一であるべきであるとのように、メッシュポイントS T A 4 ( 6 8 )とネゴシエーションすることができる。後者の情報は、メッシュポイントS T A 3 ( 6 4 )にとり、メッシュポイントS T A 1 ( 6 0 )とメッシュポイントS T A 2 ( 6 2 )との間のネゴシエーション手順を介して直接利用可能である。

## 【 0 0 3 6 】

同様に、リンク( 1 c )及び( 2 a )は同時に使用することができ、その結果、図5に示すような例示的トラフィック/時間図が得られる。図5は、図4のシナリオに対する時間の間の送信の最適は配列である。

## 【 0 0 3 7 】

上述したシナリオは、外部の観察者の見地から見たメッシュポイントによる最適な振る舞いの一例であるが、このような振る舞いを示すために、メッシュポイントがどの様に動作するかは自明ではない。

#### 【 0 0 3 8 】

E D C A 等の既存の M A C プロトコルは、並列送信をサポートしていない。参照により本明細書に組み込まれる"無線メッシュネットワークのための分散型媒体アクセスプロトコル"なる名称の本出願の関連特許出願（出願人整理番号： PH000953）には、メッシュネットワークにおいて効率的なマルチホップ通信を可能にする新しい M A C プロトコルが教示されている。該文献には、全ての隣接するメッシュポイントは T x O P の間にどのメッシュポイントが何の役割を果たすかを学習することができるので、等しい長さの T x O P のネゴシエーションされた所有権の使用の結果、予測可能な媒体アクセスが得られることが教示されている。この向上された知識は、上記新しい M A C プロトコルが一層大きな空間的再利用を提供することを可能にし、これは当該メッシュネットワークの容量の増加に直接つながる。

#### 【 0 0 3 9 】

本発明の実施例は、メッシュネットワークにおけるマルチホップ通信の効率を、なかでも、メッシュポイントが環境を推定することを学習すると共に、該推定された環境において同時的送信が可能であることを決定するのを可能にする方法を提供することにより更に向上させる。メッシュポイントの可能な内部メカニズムは、次節で説明する。

#### 【 0 0 4 0 】

本発明の実施例の 1 つのフィーチャは、新たな送信機会（ T x O P ）又は送信スロットを送信のために使用することができるかを推定するために、種々のメッシュポイントにより使用される新たな学習し且つ分散されるアルゴリズムの定義である。

#### 【 0 0 4 1 】

例示的分散型アルゴリズムは、まず、当該ネットワークに参加している装置を、ビーコン及び/又は他のメッシュポイントのトラフィックヘッダ又は他のメッシュポイントビーコンから情報を受信することにより検出する。次いで、該例示的分散型アルゴリズムは、自身のネットワークにおける各ノードに関し、受信された信号の強度を測定し記憶する。次に、該分散型アルゴリズムは、当該メッシュポイントの環境におけるリンクの品質を、リンクの搬送波対干渉（ C o I ）比の各々に基づいて推定する。この C o I 情報を用いて、当該メッシュポイントは、異なる既存のリンクを表すグラフ又はテーブルを計算すると共に、該グラフ又はテーブルを用いて既存の環境において同時的な新たな送信を行うことができるかを決定することができる。

#### 【 0 0 4 2 】

##### 【メッシュポイントの学習】

メッシュポイントが同時的送信を利用することができる前に、各メッシュポイントは自身の現在の環境をモデル化するために学習しなければならない。メッシュポイントの現在の環境のモデルは、世界モデルと呼ばれる。この世界モデルは、可能な限り多く現実から抽出されて、可能な限り簡単でなければならない。また、該世界モデルは、指定された送信に対し利用可能な種々のオプションの良好な推定を提供するために、必要な限り詳細でなければならない。該世界モデルは、自身のメッシュポイントのセンサにより継続的に更新される。メッシュポイントのセンサは、物理レイヤの受信主体、並びに T x O P 所有権、受信されたビーコン、情報エレメント及び傍受された送信に関する情報である。

#### 【 0 0 4 3 】

時折、新たな T x O P 所有権に対するリクエスト又は既存の T x O P 所有権の変更に対するリクエストがメッシュポイントにおいて発生する。例えば、新たな T x O P 所有権に対するリクエスト又は既存の T x O P 所有権の変更に対するリクエストは、新たなトラフィックストリームが関連するメッシュポイントにより開始され、又は T x O P 所有権のネゴシエーションのリクエストが隣接するメッシュポイントにより受信されるために生じ得る。これらのリクエストは、意図する役割（送信機又は受信機）及びトラフィックの優先



度に関する現在の状態に適合した空きのT×OPを見付けるために前記世界モデルを使用して処理される。

【0044】

リクエストが世界モデルを使用して処理された後、結果としての情報は、T×OPネゴシエーション処理が適切なT×OPの群を選択し、恐らくは同時的送信につながるようなT×OPを好んで当該ネゴシエーション処理を開始する（又は当該リクエストに回答する）如くに選択される。

【0045】

ネットワーク内で発生する干渉に適応化させることが可能な局70の抽出された構成を、図6に見ることができる。図6は、干渉認識型メッシュポイント70の一般的構成である。該例示的干渉認識型メッシュポイント又は局70は、複数のメッシュポイント及び/又は局72の環境内に配置される。環境72からの送信は、局のセンサ73により受信される。受信機74は当該局のセンサの一部であり、送信を受信する。該局は、T×OP所有権を決定し（76）、受信されたビーコンを解読する（78）。センサ73からの受信情報は、世界モデル80を形成することができるよう処理される。新又は変更T×OPリクエスト82も、世界モデルを継続的に更新することができるよう、該世界モデル80に供給される。世界モデル80は、アクチュエータ84に対して、リクエストするための利用可能な又は使用可能なT×OPを供給する。T×OPネゴシエーション86は、上記世界モデル80からの情報及び新又は変更T×OP所有権のリクエストに関する他の情報を用いて実行される。送信機88は、当該局70のT×OPネゴシエーションの結果をネットワーク環境72に送出する。

【0046】

〔学習性能の測定〕

ネットワークにおける主体（メッシュポイント及び局等）が、世界モデルを作成するために各主体が自身の環境を如何にして理解するかを学習処理をどの様に行うかを説明する前に、何がメッシュポイントの良好な振る舞いであるか、及びどの様なタイプの動作がメッシュポイントにより回避されるべきかを先ず定義する。

【0047】

本発明の実施例は、同時的送信を実行する局の能力に主に関するものである。スループット及び遅延等のQoS要件又は公正条件（fairness conditions）下でのT×OPの最適な選択に関わる他の評価規準は、議論されない。従って、T×OPを選択及びネゴシエーションする該例示的アルゴリズムは、オプションとして各T×OPの格付けと組み合わせられた、メッシュポイントからのメッシュポイントへの指定された送信に適し得る一群のT×OPを得るようなブラックボックスとして扱われる。結果として、当該学習アルゴリズムの性能は、“悪い”T×OPの数と比較した、該ブラックボックスに対して提案する“良い”T×OPの数により測定することができる。

【0048】

“良い”及び“悪い”T×OPなる用語を一層正確に定義するためには、図7A及び図7Bが有効である。図7A及び7Bは、（A）T×90が送信している場合、及び（B）R×100が受信している場合の信号強度の測定値を示している。

【0049】

両図A及びBは、11のメッシュポイントを伴う例示的環境を示し、これらメッシュポイントの2つが送信側メッシュポイント90及び受信側メッシュポイント100として各々印されている。図7Aにおいて、送信側メッシュポイント90の送信パワー102は、陰影の付けられたグレイ色で描かれている。送信パワー102の強度は、当該メッシュポイントまでの距離に比例する。図7BはR×メッシュポイント100から見た当該環境内の全ての他の局の送信パワーを（陰影の付けられたグレイのラインの形で）示している。両方の場合において、ライン104はT×メッシュポイント90からR×メッシュポイント100へのトラフィックを示している。

【0050】

T x O P が "良い" かの判定は、当該メッシュポイントの所望の役割に基づいてなされなければならない。即ち、メッシュポイントが送信したい場合、T x O P は、自身の干渉により同時的送信を妨害しないなら "良い" となる。図 7 A に示すパワー 1 0 2 の場合、送信するメッシュポイント 9 0 は、メッシュポイント 1 a ~ 1 c において受信されている如何なる送信にも確かに悪く干渉し又は妨害する。メッシュポイント 2 a ~ 2 d における受信に対する影響は、遙かに低いであろう。更に、メッシュポイント 2 b から 2 a への送信は問題とならないであろう一方、メッシュポイント 3 a と 3 b との間の送信は、T x 9 0 の送信 1 0 2 から何も感知しないであろう。更に、送信の影響は、他のメッシュポイントまでの距離に依存するのみならず、同時的送信の送信者の位置にも依存する。即ち、同時的送信者から送信機 9 0 までの距離が非常に小さい場合、余り干渉しない。

10

#### 【 0 0 5 1 】

図 7 B に示すような第 2 の状況は、メッシュポイント 1 0 0 が受信したい場合に発生する。この場合、T x O P は、同時に同時的送信が当該受信機において低い又は妨害しない干渉しか発生しない場合に "良い" と呼ばれる。これは、例えば、メッシュポイント 2 a ~ 2 b 又は 3 a ~ 3 b が送信している場合の状況である。

#### 【 0 0 5 2 】

図 7 A 及び 7 B の図示の環境において、幾つかの簡略化がなされている。信号強度 1 0 2 の形状は、送信するメッシュポイント 9 0 を囲む円よりも、もっと複雑であり得る。更に、該形状は時間にわたり一定ではない可能性がある。移動する障害物及び / 又は異なるチャンネル条件が送信の影響を変化させ得ると理解される。

20

#### 【 0 0 5 3 】

##### [ 世界モデル ]

学習するメッシュポイント 7 0 内での世界モデル 8 0 の仕事は、取り囲む環境を、所与の T x O P が "良い" か否かの良好な予測を可能にするような最も簡単な方法で表すことである。世界モデルの状態を更新するために前記センサの出力がどの様に使用されるかをも含む、該世界モデルの詳細な構成は、勿論、通信プロトコルの仕様とは無関係であり、異なる目的を満たすために最適化することができる。例えば、必要とされる複雑さ、使用される計算的労力及び予測の正確さの間の取引がなされなければならない。

#### 【 0 0 5 4 】

世界モデル 8 0 は、所与のセンサ 7 3 の感度及び精度により制限される。ここで述べる場合の最適なモデルは、ネットワーク内の全てのメッシュポイントの位置及びメッシュポイント間のリンクの特性並びに如何なる障害物の配置も知っている。勿論、このような最適なモデルの状況は、現実世界では可能ではない。何故なら、必要とされる情報の幾つかは、莫大な量のオーバーヘッドトラフィックを使用することによってのみ得ることができるか（相互のリンク特性の場合）、又は如何なる状況下でも達成可能ではない（即ち、如何なる障害物の配置も知ること等）。

30

#### 【 0 0 5 5 】

従って、下記の世界モデルは一例に過ぎない。下記の世界モデルは、使用される M A C プロトコル、及び使用される M A C プロトコルの副産物として得ることが可能な幾つかの情報に依拠する。

40

#### 【 0 0 5 6 】

例示的な世界モデルは、無線ネットワークにおいては、送信の成功する確率は受信機における有効な信号の強度対干渉する信号の強度により主に決まるという事実から導出される。言い換えると、バックグラウンドノイズ及び同時的送信による干渉の 2 つの可能性のある原因である。従って、この比（搬送波対干渉（C o I）と呼ばれる）は、

#### 【 数 1 】

$$CoI = \frac{C}{N + \sum I}$$

50

として測定され、ここで、 $C$ は搬送波（キャリア）の信号強度であり、 $N$ は現在のノイズであり、和は他の送信により生成される干渉である。同時的送信が存在する場合、通常は  $I + N$  である。従って、ノイズは些細な場合でなくとも無視することができる。

【0057】

2つの異なる  $C \circ I$ 、即ち受信機の  $C \circ I$  及び干渉の  $C \circ I$  を、新たな同時的送信が開始される前に考慮に入れなければならないことに注意することが重要である。

【0058】

1. 受信機  $C \circ I$

この  $C \circ I$  は、同時的送信の受信機が、一次送信にも拘わらず当該信号を復号することができるような成功する確率を反映する。

【0059】

2. 干渉  $C \circ I$

新たな同時的送信を導入することにより、送信機は一次（主）送信に対して新たな干渉源を生成する。従って、当該新たなリンクの両メッシュポイントは、この新たな干渉が元の受信機において厳しくなることを回避しなければならない。

【0060】

本発明の実施例では、世界モデルの現在の状態を、信号強度のグラフ、チャート、データテーブル又は他の適用可能な手段により表すことができる。信号強度グラフは、完全なグラフ  $G = (V, E)$  及びインテジャを当該グラフの各エッジに接続する重み関数  $w: E \rightarrow N$  とすることができる。センサ（ $R \times$  主体又はビーコンプロトコル等）により認識される如何なるメッシュポイントも、当該グラフにおいてノードとして表される。2つのノード（ $X, Y$ ）の間のエッジの重みは、ノード  $X$  がデータを送出／送信している場合にノード  $Y$  において測定される信号強度の推定値である。ノード間のリンクは、仮定により、双方向的であるので、 $w(X, Y) = w(Y, X)$  であり、当該グラフは単方向的であり得る。

【0061】

図8は、5つのメッシュポイント  $T_x$ 、 $R_x$ 、1、2及び3の例示的グラフを示している。信号強度は、接続エッジの重みとして抽出される。このように、図8は局  $T_x$ 、 $R_x$  及び1～3を伴うシナリオの信号強度グラフである。各メッシュポイントに対する良好に作成された世界モデルを有することは、当該環境の現在の状態をうまく近似する。次いで、このグラフ（即ち、図8）を有するメッシュポイントは、 $T_x$  から  $R_x$  への同時的送信の間における干渉  $C \circ I$  の推定値を計算することができる。更に、該世界モデルは  $R_x$  における受信機  $C \circ I$  の計算もサポートすることができる。

【0062】

上記干渉  $C \circ I$  は、同時的送信を表すリンクの重みを、 $T_x$  により生成される干渉（ $w(T_x, [ \text{同時的送信の受信機} ])$  により与えられる）により除算することにより推定される。これら2つの重みの商が大きいほど、 $T_x$  が当該送信と干渉する機会は小さくなる。

【0063】

同様に、受信機は  $C \circ I$  の値を、 $w(T_x, R_x)$  と同時的送信の干渉（ $w(R_x, \text{同時的送信の送信機})$  により表される）との商として計算する。ここで、大きな指示子は、成功する受信のチャンスが大きいことを表す。

【0064】

勿論、該例示の方法は、複数の同時的送信に又は複数の受信機送信に容易に拡張することができる。

【0065】

例示的アルゴリズムは、所有権プロトコルをセンサとして使用して現在の所有権に関する情報が与えられたとして、全ての可能な同時的送信に関する  $C \circ I$  を計算し、次いで全ての  $T \times O P$  を格付けすることができる。例示的グラフ（又は該グラフから導出されたデータ）は、高い成功率の受信及び他の並行的送信に対する低い干渉率を提供しそうな"良い"  $T \times O P$  のリストである結果を提供する。更に、計算された  $C \circ I$  比が十分に高いか

10

20

30

40

50

を決定する閾値を与えることもできる。他の例として、当該C o Iが並行的送信に対し適しているかの判断は、S字状関数：

【数 2】

$$\frac{1}{1+e^{-x}} + \text{Offset}$$

等の（学習可能な）ソフト閾関数に基づいて行うこともできる。

【0066】

与えられた例示的グラフにおけるTxからRxへの送信に対する算出されたC o I指示子を表1に見ることができ、ここで、全ての不可能な送信の対（同時のTx -> Rx及びRx -> 2等）は省略されている。

【表 1】

表1：TxからRxへの同時的送信が生じた場合の干渉C o I及び受信機C o I

TxOPにおける送信	受信機 CoI [dB]	干渉 CoI [dB]
無し	0	最大
1 -> 2	4	-2
2 -> 1	10	-14
1 -> 3	4	-1
3 -> 1	13	-16
2 -> 3	10	5
3 -> 2	13	1

【0067】

表1は、恐らくは送信2 -> 3に対してのみ並行的で、送信Tx -> Rxは他の可能な送信の殆どに対して同時にスケジュールすることはできないことを明確に示している。別のケースを、図9に示される導入例（図4）のグラフが検証された場合に見ることができるが、該図は図4に示されたシナリオに対する信号強度グラフである。

【0068】

TxOPにおいてメッシュポイント4（68）からメッシュポイント3（64）への送信がスケジュールされた場合、1 -> 2に対する干渉指示子は $10\log^*(60/15)=6\text{dB}$ であり、1 -> 2に対する受信指示子も6 dBとなり、これは、低速PHYモードが使用されるなら"可能な"TxOPとして格付けすることができる。

【0069】

上記グラフ及び関連する重みを確定する如何なる例示的方法をも提示する前に、世界モデルにおいて実行される前記抽出が、有向/指向性アンテナ又はMIMO装置等の種々のタイプの送信技術でも容易に利用できると理解されるべきである。これらが受信機C o I比を改善し及び/又は干渉C o Iを低下させる場合、それらの性能は当該モデルに直接組み込まれる。

【0070】

同様に、壁等の障害物の効果は、グラフに間接的に影響し、従って組み込むこともでき

10

20

30

40

50

る。

#### 【 0 0 7 1 】

グラフの連続する学習は、2つの別個のタスクに分割することができる。最初に、グラフの構造（ $V, E$ ）を学習しなければならない。グラフの構造（ $V, E$ ）は、当該ネットワークの参加者の識別である。第2に、グラフにおける重みが学習される。最初の2つのタスクは、当該局が動作している間に継続的に実行される。斯かる2つのタスクは、環境に適応化可能な速度で実行することができ、これにより、当該モデルが環境の良好な近似となるのを可能にすると共に、変化に反応することができる。学習処理は、使用される3つのセンサ74、76、78の如何なる不十分な及び信頼性のない出力によっても困難にされる。何故なら、これらは上記例示的タスクを満たすように特別には設計されていないからである。このように、前記センサの出力のフィルタ処理は、該例示的学習処理の最も重要な副処理である。

10

#### 【 0 0 7 2 】

学習処理の他の、そして恐らくは最後の要件は、該学習処理が、自身の知識が2つのC o I値の良好な推定を得るためには不十分であるような状況を認識しなければならないということである。詳細には、学習処理の結果は、干渉C o Iが過大評価され、かくして既存の送信を妨害するなら、無視されるべきである。

#### 【 0 0 7 3 】

##### [ ネットワークの参加者の学習 ]

ネットワーク72における他のメッシュポイントの認識は、例示的なビーコン期間アクセスプロトコルを用いて、及び他のメッシュポイントのトラフィックヘッダを受信することにより容易に実行することができる。上記ビーコンプロトコルから、メッシュポイントは、該ビーコンの送信者、該送信者の隣接者及び斯かる隣接者の隣接者を識別することができる。何故なら、これらの各々はB P O I Eの所有者ベクトル（owner vector）で通知されるからである。

20

#### 【 0 0 7 4 】

M T Pの間のトラフィックにおいて、各トラフィック列は初期ヘッダを有し、該ヘッダは各ワゴンの受信者を含み、後続のワゴンの構造を示す。この情報を用いて、メッシュポイントは、T x O Pにおいて受信機でなくても該ヘッダを聴取することにより他のメッシュポイントを検出することができる。

30

#### 【 0 0 7 5 】

メッシュポイントのD E V I D（B Pにおける又はM T Pの間の何れか）の各発生は、メッシュポイントを"生きている"として示す"ping"として見ることができる。メッシュポイントは、"ping"が最初に聞かれる時に当該グラフに含まれることが推奨される。そして、"ping"が聞かれないで経過する時間の量と共に増加する確率で、グラフから削除されるべきである。

#### 【 0 0 7 6 】

##### [ 信号強度の学習 ]

認識される全ての新しいメッシュポイントに対して、他のメッシュポイントからの信号の重み付け又は優先付けが推定されなければならない。これは、幾つかの方法で実行することができる。各センサは、如何にして信号の重みが設定されるべきかに対するヒントを与えるが、残念なことに、センサの出力はしばしば雑音的であり、考慮に入れることができる前にフィルタ処理又は加重されねばならない。

40

#### 【 0 0 7 7 】

例えば、第1に、現在のグラフがN個のメッシュポイントからなる場合、 $(N+1) \cdot N/2$ 個の重みを推定しなければならない。これらのリンクのうち、 $(N-1)$ は学習するメッシュポイントに直接接続される。直接接続されるリンクは、一層速く且つ一層の信頼度で学習され得る。例示的の干渉及び受信機C o Iにおいて、重み付けを必要とした4つの信号のうちの3つが送信機又は受信機の直接リンクであったことは注目に値する。重み付けは一次受信機において測定される一次送信の信号強度を記述するので、干渉C o Iにおける単

50

一の重み付けられた信号のみが 1 ホップ距離内であった。干渉 C o I の過大評価を防止するために、この加重関数の下限が重要である。

【 0 0 7 8 】

第 2 に、( N - 1 ) の直接リンクの学習は、ビーコンアクセス期間プロトコルにおけるタイミング情報を P H Y レイヤによる何らかの副情報と一緒に使用して実行することができる。ビーコン期間 ( B P ) を使用することにより、メッシュポイントは隣接するメッシュポイントが自身のビーコンを送信している場合に当該時点を検知する。更に、B P における厳格な規則により、メッシュポイントは、B P 時間の間に他の近くのメッシュポイントが送信していないことも検知するであろう。

【 0 0 7 9 】

B P における各ビーコンスロットに対して、P H Y レイヤは積分された信号強度を測定し、この強度を M A C レイヤに報告することができる。次いで、M A C レイヤは、この情報を B P アクセスプロトコルと組み合わせて、特定の隣接者の信号強度の推定値を決定する。

【 0 0 8 0 】

かくして、各リンクにおける重みは、この推定方法を用いて計算することができる。最も容易な解決策は、単に最も現在の推定値をとり、より古い値を無視することであろう。他の、恐らく一層知的な解決策は、移動指数加重平均 ( running exponential weighted average ) を得るために上記推定値のローパスフィルタ処理を実行することであろう。ビーコン期間番号 t で得られた最新の測定値が、と表される場合、移動推定値 ( running estimation ) は、

【 数 3 】

$$\hat{e}_t = \alpha \cdot e_t + (1 - \alpha) \cdot \hat{e}_{t-1}$$

として計算され、ここで、 $\alpha$  は新しい測定値の重要性対古い知識の重みを付けるパラメータである。この解決策は、勿論、短い雑音性測定値の問題を解決するが、計算的複雑さを増加させる。

【 0 0 8 1 】

最後に、リンクを学習するための第 3 の例示的可能性は、測定値を用いて増分 ( incremental ) 推定値を得るために 1 次元カルマンフィルタ ( Kalman filter ) を使用することである。カルマンフィルタは、未知の分散を伴う加算的ホワイトガウスノイズを P H Y 測定値のエラーと仮定する。即ち、該フィルタは、現在の予測される " 実際の " 信号強度を、この推定と一緒に仮定する分散と一緒に計算することができる。カルマンフィルタの利点は、該フィルタが新たな測定値を当該推定の現在の信頼度に比例して加重することである。従って、該フィルタは指数加重平均の強化とみることができる。後者の場合、全ての測定値は同一の  $\alpha$  で加重される。これに対し、カルマンフィルタは、この係数を現在の分散に適応化させることができる。

【 0 0 8 2 】

上記指数加重平均と較べた場合の増加された計算的複雑さは、カルマンフィルタの明らかな負の側面である。

【 0 0 8 3 】

上述したメカニズムの 1 つを使用することにより、学習するメッシュポイントは全ての直接リンクに対する重みを学習又は確立することができる一方、他の全てのリンクは未知のままとなる。前述したように、良好な干渉 C o I の計算にとっては、斯かる他のリンクの重みの下限の推定値で十分である。従って、異なる複雑さを持つ 2 つの異なる方法を使用することができる。

【 0 0 8 4 】

第 1 の方法を、図 1 0 を使用して説明する。図 1 0 において、メッシュポイント 2 ( 6 2 ) は経路 1 の信号強度を学習したい。この非常に簡単なシナリオにおいて、メッシュポ

10

20

30

40

50

イント 2 ( 6 2 ) は、メッシュポイント 3 ( 6 4 ) からメッシュポイント 4 ( 6 8 ) への送信と同時的である送信を開始したい。従って、メッシュポイント 3 ( 6 2 ) は干渉 C o I を計算しなければならず、これは、メッシュポイント 3 が送信している場合にメッシュポイント 4 で検出される信号強度の下限を必要とする。

【 0 0 8 5 】

ここでは、メッシュトラフィックフェーズの間における媒体アクセスプロトコル ( M A C ) を、この信号強度に関する情報を得るための簡単なセンサとして使用することができる。トレインヘッダでフレームネゴシエーションが使用される場合、各受信機に対して P H Y モードが示される。トレインヘッダは基本 P H Y モードで送信されるので、メッシュポイント 2 ( 6 2 ) が該ヘッダを受信して読み取り、従って使用される P H Y モードを決定するチャンスは高い。P H Y モードは、受信機における信号強度が最小閾値より高い場合にのみ成功裏に受信し読み取ることができるので、メッシュポイント 2 ( 6 2 ) は最小信号強度を決定することができ、これは C o I にとり十分である。表 2 は、異なる 802.11 P H Y モードに対する最小信号強度を d B m で示す。

【表 2】

表 2 : P H Y モードに依存する、成功する受信のための最小信号強度

PHY モード	最小の C (dBm)
BPSK ½	-82
BPSK ¾	-81
QPSK ½	-79
QPSK ¾	-77
16QAM ½	-74
16QAM ¾	-70
16WAM 2/3	-66
64QAM ¾	-65

【 0 0 8 6 】

他の可能性のある例示的方法は、結果として追加のオーバーヘッドにおわると思われる。何故なら、ネットワークを介しての受信信号強度に関する情報を配布するために特別な I E を使用するからである。この信号強度 I E は 3 つのフィールドのみからなる。即ち、信号が受信されるメッシュポイント、送信するメッシュポイント、及び最後に信号強度に対する下限を表すデシベル値である。

【 0 0 8 7 】

上記下限は、特にカルマンフィルタが、当該推定のために計算することが可能な信頼区間、分散と共に使用される場合に、上述したように直接リンクの推定により得ることができ、これにより区間の下限を配布するために必要とされる情報を提供する。

【 0 0 8 8 】

S S I E の送信の周波数は、非常に低くなければならない。更に、S S I E をリンクの振る舞いに適応化させることができる。例えば、安定した僅かにのみ変化するリンクに関する情報は、変動するリンクに関する情報よりも少ない頻度で配布される。更に、リンクに関する情報は、現在の知識が非常に意味深いものでない場合、全く送信されるべきでな

い。

【0089】

受信されたSSIEにおける直接リンクに関するデータの完全性は、センサからのデータよりも信頼することができる。何故なら、SSIEデータは既にフィルタ処理されており、下限のみが送られるからである。従って、大きなアルファのデータのローパスフィルタ処理は十分であろう。局は、受信されたSSIEを再送信させるか又は破棄するかを決定しなければならないかも知れない。SSIEを破棄する確率は、当該SSIEにおける上述した局に対する最大直接リンク強度に逆比例(disproportional)となるべきである。というのは、更に遠くに離れたメッシュポイントに対しては、情報は無関係となるからである。

10

【0090】

本発明の実施例は、無線ネットワークにおける分散された学習方法を可能にし、提供する。該分散型学習方法は、各々の新しい可能性のある同時的送信に対して、当該ネットワークにおける他の装置をビーコンフレーム又はフレームヘッダ又はこれらの集合の受信を読み取ることにより検出するもの、他の装置の信号強度及び/又は送信パワーを近隣の送信を傍受/受信することにより検出し、これにより近隣者のマップを作成して干渉の認識及び空間的なチャンネルの再利用の向上を可能にするもの、全ての検出された装置をグラフのノードとして有する完全なグラフ $G=(V, E)$ を作成するもの、2つのノード間のエッジの重み付けられた値 $w(X, Y)$ をMACレイヤからのタイミング情報を用いて(即ち、ビーコンアクセス期間において、信号強度を推定することにより)計算するもの、干渉の搬送波対干渉比(CoI)を、同時的送信を表すリンクの加重された値を可能性のある送信機により生成される干渉により除算することにより計算するもの、受信機CoIを、可能性のある送信機と意図する受信機との間の加重された値( $w(Tx, Rx)$ )と、同時的送信の干渉との商として計算するもの、全ての可能性のある同時的送信に対してCoIを計算するもの、閾値("良い"TxOPは高い干渉CoI及び高い受信機CoI値を持つ)に基づいて送信すべきか否かを決定するもの、送信すべきか否かを、過去の送信のチャンネル及び受信情報を利用する複雑なアルゴリズム及び手順に基づいて決定するものを含む。本発明の実施例は、更に、リンクの加重された値を、移動指数加重平均により又はカルマンフィルタの使用を含む何らかのフィルタ処理技術を用いることにより推定するステップを含むことができる。更に、判断は、S字状関数等のソフト閾関数、隣接する局の送信の測定情報を記憶、更新及び処理してチャンネル条件に関して適応的に学習すると共にパケットを成功裏に送信するのに十分な期間を識別すること、並びに周囲の隣接者のモデルを形成するための信号強度情報の組み合わせに基づいて行うことができる。

20

30

【0091】

上述した本発明及び方法の多数の変形例及び実施例が可能である。添付図面及び上述した詳細な説明には本発明及び方法の特定の実施例のみしか記載されていないが、本発明は斯かる開示された実施例に限定されるものではなく、添付請求項に記載された本発明から逸脱することなしに、更なる再構成、変形及び置換が可能であると理解される。従って、本発明の範囲は斯かる全ての構成を含み、請求項のみにより限定されると理解されるべきである。

40

【図面の簡単な説明】

【0092】

【図1】図1は、メッシュネットワークの概要図である。

【図2】図2は、例示的な無線シナリオの解説図である。

【図3】図3は、例示的な無線マルチホップシナリオの解説図である。

【図4】図4は、空間的再利用が可能な簡単な無線メッシュネットワークのサンプルである。

【図5】図5は、図4のネットワークに対する時間にわたる送信の最適な整列のチャートである。

50



【図 6】図 6 は、例示的な干渉認識メッシュポイントの全体構造である。

【図 7 A】図 7 A は、メッシュポイント T X が送信している場合の信号強度の測定値の図である。

【図 7 B】図 7 B は、メッシュポイント R X が受信している場合の信号強度の測定値の図である。

【図 8】図 8 は、局 T x、R x、1、2 及び 3 を有するシナリオに関する例示的な信号強度のグラフである。

【図 9】図 9 は、図 4 のシナリオに関する例示的な信号強度のグラフである。

【図 10】図 10 は、リンク ( 1 ) の信号強度を学習するメッシュポイント 2 の状況の説明を助ける図である。

10

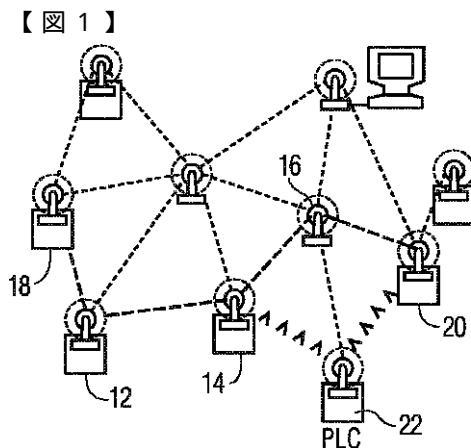


FIG. 1

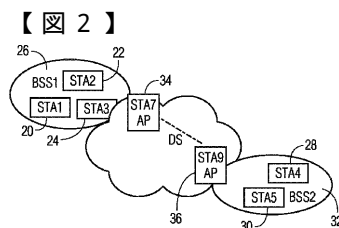


FIG. 2

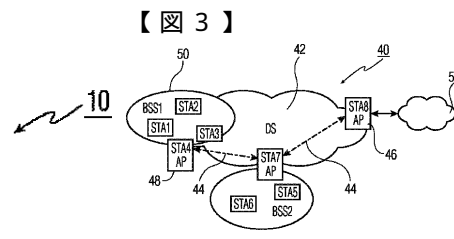


FIG. 3

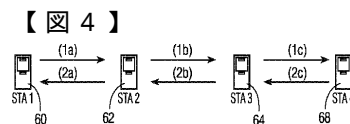


FIG. 4

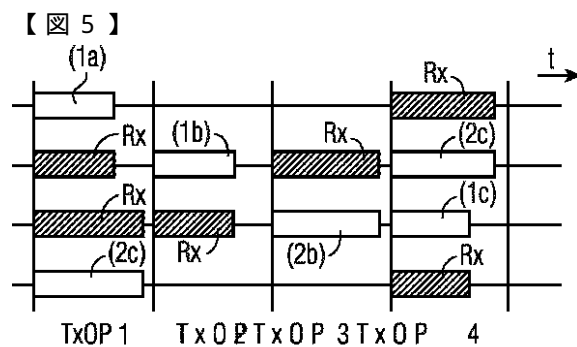


FIG. 5



---

 フロントページの続き

- (72)発明者 ロイメルマン ハンス - ユルゲン  
 オランダ国 5 6 2 1 ベーアー アインドーフェン フルーネヴァウツウェッハ 1
- (72)発明者 ダルマセス フランセスク  
 オランダ国 5 6 2 1 ベーアー アインドーフェン フルーネヴァウツウェッハ 1
- (72)発明者 ヒールツ グイド ロラント  
 オランダ国 5 6 2 1 ベーアー アインドーフェン フルーネヴァウツウェッハ 1
- (72)発明者 マックス グスタフ セバスティアン  
 オランダ国 5 6 2 1 ベーアー アインドーフェン フルーネヴァウツウェッハ 1

審査官 深津 始

- (56)参考文献 特表2 0 0 4 - 5 3 0 3 4 9 ( J P , A )  
 Modeling and optimization of uwb communication networks through a flexible cost function, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2 0 0 2 年1 2 月, Vol.20, No.9, p.1733-1744, U R L , <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.69.7900&rep=rep1&type=pdf>

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
 H04W 4/00 -H04W 99/00