

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5654113号
(P5654113)

(45) 発行日 平成27年1月14日(2015. 1. 14)

(24) 登録日 平成26年11月28日(2014. 11. 28)

(51) Int. Cl. F 1
HO4W 16/14 (2009.01) HO4W 16/14

請求項の数 20 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2013-500100 (P2013-500100)	(73) 特許権者	502397691
(86) (22) 出願日	平成23年3月11日 (2011. 3. 11)		ビーエイイー・システムズ・インフォメーション・アンド・エレクトロニック・システムズ・インテグレイション・インコーポレーテッド
(65) 公表番号	特表2013-523013 (P2013-523013A)		アメリカ合衆国ニューハンプシャー州03061, ナシュア, スピット・ブルック・ロード 65
(43) 公表日	平成25年6月13日 (2013. 6. 13)		
(86) 国際出願番号	PCT/US2011/028057	(74) 代理人	100108855
(87) 国際公開番号	W02011/156029		弁理士 蔵田 昌俊
(87) 国際公開日	平成23年12月15日 (2011. 12. 15)	(74) 代理人	100109830
審査請求日	平成26年1月24日 (2014. 1. 24)		弁理士 福原 淑弘
(31) 優先権主張番号	61/313, 377	(74) 代理人	100088683
(32) 優先日	平成22年3月12日 (2010. 3. 12)		弁理士 中村 誠
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 外部センサとアプリケーションレベルのメッセージングとを使用して現在のワイヤレス無線機をコグニティブにする方法及びシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

非コグニティブ無線機と、
ワイヤレスネットワークからメッセージを受信することと、前記ワイヤレスネットワークにメッセージを送信することと、からなるグループのうちの少なくとも一方を、電子デバイスが実行できるように、前記非コグニティブ無線機に接続される、前記電子デバイスと、

利用可能な周波数と利用可能なチャネルとからなるグループのうちの少なくとも一方を決定するために、ワイヤレス環境を感知する、スペクトル感知ロジックと、

前記利用可能な周波数と利用可能なチャネルとのうちの少なくとも一方を、前記ワイヤレスネットワークへのアクセスを管理している遠隔スペクトルマネージャに送信するために、前記非コグニティブ無線機と前記スペクトル感知ロジックとの間に接続される、構成及び管理ロジックと、

を具備し、

前記スペクトル感知ロジックと前記構成及び管理ロジックは、コグニティブ無線機が非コグニティブモードで動作することを可能にする前記非コグニティブ無線機から取り外し可能である、

コグニティブ無線システム。

【請求項 2】

前記構成及び管理ロジックと、前記非コグニティブ無線機は、開放型システム間相互接

続 (I S O) モデルのアプリケーションレベルにおいて、前記遠隔スペクトルマネージャに及び前記遠隔スペクトルマネージャから、メッセージを送るように構成されている、請求項 1 のコグニティブ無線システム。

【請求項 3】

前記構成及び管理ロジックと、前記遠隔スペクトルマネージャは、開放型システム間相互接続 (I S O) モデルのアプリケーションレベルにおけるインターネットプロトコル (I P) のアドレス指定を使用して論理的に接続されるように構成されている、請求項 1 のコグニティブ無線システム。

【請求項 4】

前記非コグニティブ無線機と前記電子デバイスとの間と、前記非コグニティブ無線機と前記構成及び管理ロジックとの間に接続されているスイッチ、
を更に具備する、請求項 1 のコグニティブ無線システム。

10

【請求項 5】

前記構成及び管理ロジックは、

前記コグニティブ無線システムをいつ自律モードにするかと、サーバとして働く前記遠隔スペクトルマネージャに対して、クライアントとして働く前記コグニティブ無線システムを使って、前記コグニティブ無線システムをいつクライアント/サーバモードにするかとを決定する、モードロジック、

を更に具備し、

前記自律モードにおいて、前記構成及び管理ロジックは、

指定周波数範囲を走査し、

スペクトル密度と、利用可能な周波数と、利用可能なチャンネルと、からなるグループのうち少なくとも 1 つに関する周期的な報告を、前記遠隔スペクトルマネージャに提供する、

ように構成されている、請求項 1 のコグニティブ無線システム。

20

【請求項 6】

前記ワイヤレスネットワークは、ワイヤレス地域エリアネットワーク (W R A N) である、請求項 1 のコグニティブ無線システム。

【請求項 7】

前記構成及び管理ロジックは、

前記構成及び管理ロジックによって生成され、前記スペクトル感知ロジックのために、利用可能なチャンネルと、利用可能でないチャンネルと、チャンネルのスペクトル特性と、信号の分類結果と、パラメータの設定と、からなるグループのうち少なくとも 1 つを表示する、ディスプレイ、

を更に具備する、請求項 1 のコグニティブ無線システム。

30

【請求項 8】

前記ディスプレイは、前記電子デバイスにおいて表示される、請求項 7 のコグニティブ無線システム。

【請求項 9】

前記電子デバイスはラップトップである、請求項 1 のコグニティブ無線システム。

40

【請求項 10】

信号を捕捉するアンテナと、

前記信号を前記スペクトル感知ロジックに入力する前に、前記信号の有効ノイズ指数 (N F) を下げるために、前記アンテナと前記スペクトル感知ロジックとの間に接続される、低ノイズプリアンプ (L N A) と、

を更に具備する、請求項 1 のコグニティブ無線システム。

【請求項 11】

非コグニティブ無線機をコグニティブ無線機に変換する方法であって、

前記方法は、

利用可能な周波数と利用可能なチャンネルとからなるグループのうち少なくとも一方

50

を決定するためにワイヤレス環境を感知するスペクトルセンサを、構成及び管理ユニットとアンテナとの間に接続することと、

前記構成及び管理ユニットを非コグニティブ無線機に接続することと、
を含み、

前記構成及び管理ユニットは、前記利用可能な周波数と利用可能なチャネルとのうちの少なくとも一方を、ワイヤレスネットワークへのアクセスを管理している遠隔スペクトルマネージャに送信するように構成されており、

前記スペクトルセンサと、前記構成及び管理ユニットは、前記非コグニティブ無線機から取り外し可能である、

方法。

10

【請求項 1 2】

電子デバイスを前記非コグニティブ無線機に接続して、前記電子デバイスが、前記ワイヤレスネットワークを通じてメッセージを送信及び受信することを可能にすること、

を更に含む、請求項 1 1 の方法。

【請求項 1 3】

前記構成及び管理ロジックは、開放型システム間相互接続 (I S O) モデルのアプリケーションレベルにおいて、遠隔スペクトルマネージャと通信する、請求項 1 1 の方法。

【請求項 1 4】

前記利用可能な周波数と利用可能なチャネルとのうちの少なくとも一方を、前記構成及び管理ユニットから、前記遠隔スペクトルマネージャに、アプリケーションレベルにおいて送信すること、

を更に含む、請求項 1 1 の方法。

20

【請求項 1 5】

前記アンテナを前記非コグニティブ無線機から取り外すこと、

を更に含む、請求項 1 1 の方法。

【請求項 1 6】

前記ワイヤレスネットワーク中の前記非コグニティブ無線機を非コグニティブモードで操作すること、

を更に含む、請求項 1 5 の方法。

【請求項 1 7】

前記スペクトルセンサから集められたスペクトルデータをグラフィカルユーザインターフェイス (G U I) で表示すること、

を更に含む、請求項 1 1 の方法。

30

【請求項 1 8】

前記スペクトルセンサに対する動作設定を、前記グラフィカルユーザインターフェイス (G U I)を通じて受け取り且つ適用すること、

を更に含む、請求項 1 7 の方法。

【請求項 1 9】

前記スペクトルセンサは、

スペクトルの高次統計量 (H O S) とスペクトルの周期定常特徴とのうちの少なくとも一方に基づいて、少なくとも 1 つのスペクトル特性を決定する、請求項 1 1 の方法。

40

【請求項 2 0】

国際的な電気電子技術者協会 (I E E E) 8 0 2 . 2 2 の標準規格に従って、前記コグニティブ無線機を操作すること、

を更に含む、請求項 1 1 の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1】

政府の権利の申告

本発明は、米国陸軍によって与えられた契約番号第 W 1 5 P 7 T - 0 6 - C - P 4 2 3

50

号のもとで、米国政府の支援で作成された。

【 0 0 0 2 】

発明の分野

本発明は、全体的に、ワイヤレス通信のための装置と、システムと、方法とに関する。より詳しくは、この装置と、システムと、方法は、ダイナミックな干渉 (dynamic interference) からワイヤレス通信ネットワークを保護することに関する。特に、通信周波数のスペクトルをダイナミックに分析するコグニティブ無線機 (cognitive radios) を使ってワイヤレスネットワークを保護するための装置と、システムと、方法とを提供する。

【背景技術】

【 0 0 0 3 】

従来からの軍事用 (military) 及び商用 (commercial) のワイヤレス通信ネットワークは、ダイナミックな干渉環境に弱い。干渉は、敵のシステム又は味方の他のシステムから生じ得る。更に、今日のワイヤレスネットワークは、従来のシステム (incumbent system) を保護する必要がある。従来のシステムは、所定の周波数帯で既に動作しているかもしれない。従って、今日のワイヤレスネットワークは、これらの適法の従来のシステムの存在を検出し、必要であれば、スペクトルを空ける必要がある。以前のワイヤレスネットワークは、自律的に他の非占有周波数帯に移動する又は帯域幅を変更する知能を有していないことが多い。これらの無線システムを構築する際に、軍隊と多数の民間の経営者とによって、多くの資金が既に投じられている。現在、これらの無線システムは、ダイナミックスペクトルアクセス (dynamic spectrum access, DSA) がイネーブルにされていない。現在の軍隊の無線機をコグニティブ (cognitive) にするために、これらの無線システムは、国防総省 (Department of Defense, DoD) と民間の通信事業者とから、より多くの投資を必要とする。

【 0 0 0 4 】

より詳細には、音声と、ビデオと、データとに対する世界的な需要を満たすために利用可能な十分な無線周波数 (radio frequency, RF) スペクトルがあると、一般に考えられている。例えば、複数の異なる市場における平均スペクトル使用の測定値に基づいて、利用可能なスペクトルのうちの 80% を超えるスペクトルが利用されていることが分かった。現在のスペクトルの殆どは、指令、制御のライセンス構造 (command and control licensing structure) を使用して割り振られている。指令、制御のライセンス構造では、少数の選ばれたエンティティが広いスペクトル帯を管理しており、その広いスペクトル帯の多くが利用されている。最も適切な例は、放送テレビジョン (TV) のスペクトルである。放送テレビジョン (TV) のスペクトルでは、信号は、通常、VHF と UHF の周波数においてオーバーザエアで (over the air) 送信される。地方の市場では、需要が限られているために、TV チャンネルはしばしば未使用になる。都市の市場では、大多数の人々が、ケーブル又は光ファイバを使用して、TV 放送を受信し始めている。多くの国が、デジタル TV (Digital TV, DTV) に移行している。アナログ TV と比較して、デジタル TV では、信号ははるかに小さな帯域幅を占有する。このため、サービスを放送するために割り振られるスペクトル量は、大きく且つますます増えているが、局部的に未使用である。この空のスペクトルの使用が、割り振られている (従来の) 放送サービスに対して有害な干渉を引き起こさないことを確認できる場合に、広帯域データを送信するために、この空のスペクトルに機会を狙って (opportunisticly) アクセスしてもよい。

【 0 0 0 5 】

RF スペクトルを機会を狙って使用できるようにする技術は、既に存在する。このようなスペクトルを機会を狙って使用することは、しばしば、ダイナミックスペクトルアクセス (DSA) と呼ばれる。DSA 技術が、従来のユーザを有害に干渉することなく、従来のユーザに割り振られたチャンネルへのアクセスを可能にできることが、次世代通信 (next Generation (XG) Communications) のようなプログラムによって証明された。コグニティブ無線の概念も実現可能であると思われる。コグニティブ無線機は、現在のユーザのニーズを満たすために、RF スペクトルのような既存の資源をより最適に利用するように、

10

20

30

40

50

周囲の環境を感知し且つ送信パラメータを変更することができる無線機として定義される。更に、干渉を回避する一方で、システムの資源をより良く使用するために、機械学習技術 (machine learning technique) と D S A 技術を組み合わせることが提案されている。他のコグニティブ無線の概念は、米国特許公開第 2 0 0 8 / 0 2 9 3 3 5 3 号 (モディ (Mody)、他) と、米国特許公開第 2 0 0 9 / 0 1 0 2 9 8 1 号 (モディ、他) と、米国特許公開第 2 0 0 9 / 0 1 2 4 2 0 7 号 (モディ、他) と、文献 (アブルヴァ N . モディ、ステファン R . ブラット、ネッド B . サマクホーン、トーマス P . マックエルワイン、ジョシュ D . ニズウェック、ディアナ G . ミルズ、マシュー J . シャーマン、コリー S . マイヤーズ、「ホワイト及びグレイスペースにおける機械学習ベースのコグニティブ通信」、軍事通信協議会、2007年、MILCOM 2007、IEEE、1 - 7 頁 (Apurva N. Mody, Stephen R. Blatt, Ned B. Thammakhone, Thomas P. McElwain, Joshua D. Niedzwiecki, Diane G. Mills, Matthew J. Sherman and Cory S. Myers, "Machine Learning Based Cognitive Communications In White As Well As The Gray Space," Military Communications Conference, 2007. MILCOM 2007. IEEE, pp. 1-7)) に記載されている。

10

【0006】

将来は、様々な異なる波形とプロトコルとを使用する多数のこのような D S A 対応のコグニティブ無線デバイスが、利用可能なスペクトルを可能な限り使用するために、コグニティブネットワークにおいて共存する (co-exist) であろう。競合する技術が、様々なタイプのサービスのために異なるタイプの波形とプロトコルとを用いることになるので、ここでは、共存という単語が重要である。これらの種々の波形とプロトコルは、相互に害することなく、スペクトル資源を共有する必要があるため、共存する必要がある。電気電子技術者協会 (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) の標準規格のワーキンググループのうちの幾つか、例えば IEEE 8 0 2 . 1 5 . 2 は、共存という用語を、「所定の共有環境において、1つのシステムが、あるタスクを行なうことができ、他のシステムが、それらの他のシステムのタスクを行なうことができ、同じルールセットを使用しても、又は使用していなくてもよい。」と定義した。

20

【0007】

IEEE 8 0 2 . 2 2 の標準規格は、ワイヤレス地域エリアネットワーク (wireless regional area networks, WRAN) に関する。WRAN は、他のユーザを干渉することなく、テレビジョンの放送帯域におけるホワイトスペース (white space) (未使用の帯域幅) を使用する。この標準規格は、主として、コグニティブ無線を補強するという概念に基づいており、これは、スペクトルの感知及び管理と、スペクトルの移動性 (mobility) 及び共有とを含む。スペクトルの感知及び管理は、概ね、ユーザのサービス品質 (quality of service, QoS) の条件を満たす最良のスペクトルを検出し、他のユーザを有害に干渉することなく、そのスペクトルを使用することに関する。スペクトルの移動性及び共有は、1つのスペクトルから別のスペクトルに移る場合に (例えば、ダイナミックな周波数選択、周波数ホッピング、等)、シームレスな通信を維持することを可能にし、スペクトルの割り振りにおける公平性 (例えば、平等なアクセス) を図る。

30

【0008】

この目的のために、共通の帯域幅を共有するコグニティブ無線機及びネットワークは、平等に又はさもなければ公平に配分されるように、利用可能なスペクトルの異なる部分にアクセスすることによって、相互に効果的に自己共存 (self-coexist) しなければならない。このような自己共存の実行は、簡単でない。コグニティブ無線機の共存を必要とする状況の中で、資源を割り振る利用可能な方法は現在ない。更に、従来からの共存技術は、通信システムの動作の概念を変更する必要があるため、レガシーシステム (legacy system) は、共存を必要とするシステムと相互に動作可能ではない。

40

【発明の概要】

【0009】

好ましい実施形態は、コグニティブ無線システムを含む。コグニティブ無線システムは

50

、非コグニティブ無線機と、電子デバイスと、スペクトル感知ロジックと、構成及び管理ロジックとを含む。電子デバイスは、ワイヤレスネットワークへ/から、メッセージを送信及び/又は受信するように、電子デバイスは非コグニティブ無線機に接続される。構成及び管理ロジックは、非コグニティブ無線機とスペクトル感知ロジックとの間に接続される。コグニティブ無線機として動作する場合に、スペクトル感知ロジックと、構成及び管理ロジックは、コグニティブ無線機が非コグニティブモードで動作することを可能にする非コグニティブ無線機から取り外し可能である。スペクトル感知ロジックは、利用可能な周波数と利用可能なチャネルとを決定するために、ワイヤレス環境を感知する。構成及び管理ロジックは、利用可能な周波数、利用可能なチャネル、又は他のスペクトルデータを、遠隔スペクトルマネージャに送信し、遠隔スペクトルマネージャは、ワイヤレスネットワークへのアクセスを管理する。

10

【 0 0 1 0 】

好ましい実施形態の他の構成では、構成及び管理ロジックは、開放型システム間相互接続(Open Systems Interconnection, ISO)の7層モデルのアプリケーションレベルにおいて、遠隔スペクトルマネージャへ、及び遠隔スペクトルマネージャから、メッセージを送る。メッセージは、アプリケーション層において、インターネットプロトコル(internet protocol, IP)のアドレス指定で設定された論理的な接続を通じて送ることができる。

【 0 0 1 1 】

別の構成では、非コグニティブ無線機と電子デバイスとの間と、非コグニティブ無線機と構成及び管理ロジックとの間に、スイッチを接続することができる。スイッチを使用して、これらのデバイス間におけるメッセージングのルートを決めることができる。構成及び管理は、モードロジックを含むことができる。モードロジックは、コグニティブ無線システムをいつ自律モードにするかと、サーバとして働く遠隔スペクトルマネージャに対して、クライアントとして働くコグニティブ無線システムを使って、コグニティブ無線システムをいつクライアント/サーバモードにするかと、を決定する。自律モードにおいて、構成及び管理ロジックは、指定周波数範囲を走査し、スペクトル密度と、利用可能な周波数と、利用可能なチャネルと、からなるグループのうちの少なくとも1つに関する周期的な報告を、スペクトルマネージャに提供する。

20

【 0 0 1 2 】

好ましい実施形態の別の構成では、コグニティブ無線システムは、ディスプレイを含むことができる。ディスプレイは、構成及び管理ロジックによって生成され、スペクトル感知ロジックのために、利用可能なチャネル、利用可能でないチャネル、チャネルのスペクトル特性、信号の分類結果、及び/又はパラメータの設定を表示することができる。ディスプレイは、非コグニティブ無線機に結び付けられた電子デバイスにおいて表示され得る。幾つかの構成では、電子デバイスはラップトップである。

30

【 0 0 1 3 】

好ましい実施形態の別の構成では、コグニティブ無線機は、ワイヤレス信号を捕捉するアンテナと、アンテナとスペクトル感知ロジックとの間に接続される低ノイズプリアンプ(Low Noise pre-Amplifier, LNA)とを含む。LNAは、信号をスペクトル感知ロジックに入力する前に、信号の有効ノイズ指数(Noise Figure, NF)を下げる。

40

【 0 0 1 4 】

好ましい実施形態の別の構成は、非コグニティブ無線機をコグニティブ無線機に変換する方法である。この方法は、構成及び管理ユニットとアンテナとの間に、スペクトルセンサを接続する。スペクトルセンサは、利用可能な周波数及び/又は利用可能なチャネルを決定するために、ワイヤレス環境を感知する。この方法は、構成及び管理ユニットを非コグニティブ無線機に接続する。構成及び管理ユニットは、利用可能な周波数及び/又は利用可能なチャネルを、遠隔スペクトルマネージャに送信する。遠隔スペクトルマネージャは、ワイヤレスネットワークへのアクセスを管理する。構成及び管理ユニットは、情報を交換するために、TCP/IPパケットを使用して、ISOモデルのアプリケーションレベルにおいて、遠隔スペクトルマネージャと通信することができる。この方法は、国際的

50

な電気電子技術者協会(International Electrical and Electronic Engineers Institute, IEEE) 802.22の標準規格に従って、コグニティブ無線機を操作することができる。スペクトルセンサと、構成及び管理ユニットは、非コグニティブ無線機から取り外し可能である。

【0015】

この方法は、追加のステップを行ない、及び/又は他の有益な特徴を有することができる。例えば、この方法は、電子デバイスを非コグニティブ無線機に接続して、電子デバイスがワイヤレスネットワークを通じてメッセージを送信及び受信することを可能にする。この方法は、システムが非コグニティブ無線機として動作することを可能にする非コグニティブ無線機から、アンテナと、スペクトルセンサと、構成及び管理ユニットとを取り外すことができる。方法は、グラフィカルユーザインターフェイス(graphical user interface, GUI)を使用して、スペクトル分析器から集められたスペクトルデータを表示することができる。更に、方法は、スペクトルセンサに対する動作設定を、GUIを通じて受け取り且つ適用することができる。

10

【0016】

別の構成では、各構成及び管理ユニットに取り付けられたセンサを有することもあり、又は有さないこともある。

【0017】

別の構成では、スペクトルマネージャは、ネットワーク中の制御ノード又は基地局に存在し得る。

20

【0018】

別の構成では、スペクトルマネージャは、ネットワークの外部に存在し、更に、ネットワークマネージャとして機能し得る。

【0019】

別の構成では、スペクトルマネージャは、全ての加入者ノードに存在し得る。

【0020】

別の構成では、スペクトルマネージャは、それに関連付けられたIPアドレスを有し得る。

【0021】

別の構成では、全てのソフトウェアコンポーネント、例えば、スペクトルマネージャと、構成及び管理と、スペクトル感知ルーチンは、それらに関連付けられたIPアドレスを有し得る。

30

【0022】

別の構成では、ネットワーク中の全てのノードは、構成及び管理ユニットを含み得る。

【0023】

別の構成では、ネットワーク中の全てのノードは、スペクトルマネージャを含み得る。

【0024】

別の構成では、感知アンテナは、無線アンテナと異なり得る。

【0025】

別の構成では、センサと無線機との両者は、アンテナを共有できる。

40

【0026】

別の構成では、システムのトポロジは、ポイントツウマルチポイント(Point to Multi point)であり得る。

【0027】

別の構成では、システムのトポロジは、アドホックメッシュ(ad hoc mesh)であり得る。

【0028】

別の構成では、スペクトル感知を使用して、帯域内(in-band)と帯域外(out of band)の干渉を検出する。ここで、帯域内は、無線機の現在の動作チャンネルを指し、帯域外は、無線機が現在動作していない任意のチャンネルを指す。

50

【 0 0 2 9 】

別の構成では、無線統計を使用して帯域内の干渉を監視し、感知を使用して帯域外のバックアップチャネルを見付ける。

【 0 0 3 0 】

別の構成では、センサは、同期した静止期間 (synchronized quiet period) 中に動作し得る。

【 0 0 3 1 】

別の構成では、センサは、同期した静止期間外に感知を行う。

【 0 0 3 2 】

別の構成では、センサは、任意の静止期間外に動作する。

10

【 0 0 3 3 】

別の構成では、スペクトルセンサが、スペクトルの高次統計量 (higher order statistics, HOS) 及び/又はスペクトルの周期定常特徴 (cyclostationary features) に基づいて、少なくとも1つのスペクトル特性を決定できるように、この方法はスペクトルセンサを操作することができる。

【 0 0 3 4 】

好ましい実施形態の他の構成は、DSAの能力がある無線機 (DSA capable radio) に対するハードウェア又はファームウェアの変更を必要とすることなく、現在の軍事用の無線機を、DSAの能力がある無線機に変換する、方法及びシステムを提供する。更に、この構成は、システムレベルにおけるコグニティブネットワーキング (cognitive networking) を早く評価して、パラメータを測定する。パラメータは、例えば、メッセージングのオーバーヘッド、待ち時間、ネットワークのスケーラビリティ、等である。埋め込まれたセンサと対照的に、外部センサを使用することによって、無線機を、DSAの能力があるものにすることができ、無線周波数スペクトルを干渉について監視して、無線機が移動できるバックアップチャネルを決定することができる。高度な特徴ベースの感知アルゴリズムを使用して、ダイナミックな干渉環境を特徴付けることができる。

20

【 0 0 3 5 】

全てのノードにセンサを有することなく、コグニティブネットワーキングの能力を証明できることが明らかにされた。1つの構成では、スペクトルの監視と、ネットワークの管理と、無線制御とのために、IPとSNMPとを通じて、アプリケーションレベルのメッセージングを可能にすることができる。コグニティブエンジンは、スペクトルマネージャ (Spectrum Manager, SM) とも呼ばれる。コグニティブエンジンは、それを容易に変更可能にする、JAV A (登録商標) のような高水準言語で書くことができる。この構成は、スペクトルのより高いレベルの競合の低下 (de-confliction) のために、スペクトル情報を NetOps に供給することによって、ネットワークの知能を大幅に高める。

30

【 0 0 3 6 】

最良の様式を示す1つ以上の好ましい実施形態が、図面と以下の説明とに明らかにされている。請求項は、本発明を個々に明確に示して明らかにしている。

【 0 0 3 7 】

添付の図面は、明細書に組み込まれ、明細書の一部を構成している。添付の図面は、様々な例示的な方法と、本発明の様々な態様の他の例示的な実施形態とを示している。図面に示されている要素の境界 (例えば、ボックス、ボックスのグループ、又は他の形状) は、境界の一例を表わしていることが分かるであろう。幾つかの例では、1つの要素が複数の要素として設計され得ること、又は、複数の要素が1つの要素として設計され得ることが、当業者に分かるであろう。幾つかの例では、別の要素の内部コンポーネントとして示されている要素を、外部コンポーネントとして実施してもよく、逆の場合も同様であり得る。更に、要素は、共通の尺度をもつように示されていないかもしれない。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 8 】

【 図 1 】 コグニティブ無線機 (CR) を使って実施されるワイヤレス地域エリアネットワー

50

ク(WRAN)の例示的な実施形態を示している。

【図2】異なるワイヤレスネットワークの標準規格の特性を示している。

【図3】従来の無線機と共存する、IEEE 802.22に準拠した無線機を示している

。

【図4】時間と周波数とに関するチャネルの従来のものの例示的なパターンを示している

。

【図5】コグニティブ無線システムの好ましい実施形態を示している。

【図6】コグニティブ無線システムの好ましい実施形態の別の構成を示している。

【図7】コグニティブ無線システムの好ましい実施形態に関連付けられた、スペクトル感知モジュール(spectrum sensing module, SSM)の1つの実施形態を示している。 10

【図8】コグニティブ無線システムの好ましい実施形態に関連付けられた構成及び監視(configuration and monitoring, C&M)ロジックの例示的な状態機械の1つの実施形態を示している。

【図9】コグニティブ無線システムの好ましい実施形態に関連付けられたスペクトルマネージャ(SM)の例示的な状態機械(state machine)の1つの実施形態を示している。

【図10】コグニティブ無線システムの好ましい実施形態に関連付けられたSMディスプレイコンソールの1つの実施形態を示している。

【図11】SMとC&Mとの間におけるアプリケーションレベルのメッセージングの例を示している。

【図12】非コグニティブ無線機をコグニティブ無線機に変換する方法として構成される好ましい実施形態を示している。 20

【発明を実施するための形態】

【0039】

同様の番号は、複数の図面の全体を通して同様の部分を示している。

【0040】

本発明の好ましい実施形態の詳細を紹介する前に、電気電子技術者協会(IEEE)802.22の標準規格を概説する。この標準規格は、ワイヤレス遠隔エリアネットワーク(wireless remote area networks, WRAN)に関連付けられている。WRANは、コグニティブ無線機(cognitive radio, CR)を用いており、本発明の好ましい実施形態は、これ 30

【0041】

図1に示されているように、802.22のシステム100は、固定のポイントツウマルチポイント(point-to-multipoint, P-MP)のワイヤレスエアインターフェイスを特定しており、基地局(base station, BS)1は、自らのセル3と、関連付けられている顧客構内設備(consumer premise equipment, CPE)2とを管理する。商用環境(commercial environment)では、BS1は、専門的にインストールされたエンティティであり、例えばセルラタワー(cellular tower)である。BS1とCPE2は、マスタスレーブタイプ(master slave type)の関係を形成しており、BSが、ダウンストリーム方向で様々なCPE2に送信することによって、セルにおける媒体のアクセスを制御する。CPE2は、セル内で自由に送信する権限をBS1によって与えられた後で、セル内で自由に送信 40

ことができる。802.22のセル3(又は、単に、セル)は、全体的に、1つの802.22のBS1と、この802.22のBS1に関連付けられ且つ制御されるゼロ以上の802.22のCPE2とによって形成されていると定義される。802.22のBS1からの送信信号が、関連付けられている802.22のCPE2によって、所定の最低の信号対雑音比(signal to noise ratio, SNR)の信号品質で受信されることが可能な地点まで、この受信可能エリアは広がっている。

【0042】

BS1のこれまでの役割に加えて、802.22のシステム100では、BSは、分散感知(distributed sensing)の特有の特徴を更に管理する。これは、適切な従来の保護を保証することが必要とされており、BS1によって管理される。BS1は、様々なCP 50

E 2 に、異なる通信チャネルの分散測定 (distributed measurement) を行なって、チャネルが使用中であるかどうかを決定するように命令する。B S 1 は、受信したフィードバックに基づいて、何らかの措置をとるべきであれば、どの措置を取るべきかを定める。

【 0 0 4 3 】

他の既存の I E E E 8 0 2 の標準規格と比較して、8 0 2 . 2 2 W R A N の別の際立った特徴は、B S の受信可能範囲である。電力を問題にしないならば、B S の受信可能範囲を 1 0 0 k m まで伸ばすことができる (現在の指定受信可能範囲は、4 ワットの等価等方放射電力 (Equivalent isotropically radiated power, EIRP) で、3 3 k m である)。図 2 に示されているように、W R A N は、これまでのネットワークよりもはるかに大きな受信可能範囲を有する。これは、主として、T V の周波数帯の好ましい伝搬特性とより高い電力とによる。この拡張された受信可能範囲は、特有の技術的課題と機会とを提供する。

10

【 0 0 4 4 】

8 0 2 . 2 2 のエアインターフェイスに対する重要な 1 つの条件は、フレキシビリティと適応性である。その理由は、従来のデバイスが保護されなければならないスペクトルで、8 0 2 . 2 2 が動作するからである。8 0 2 . 2 2 のシステムはライセンスを受けずに動作でき、B S は大きなエリアにサービスするので、図 1 に示されているような、部分的に重なり合った 8 0 2 . 2 2 のネットワーク間の同じ場所に位置する 8 0 2 . 2 2 のセルの自己共存 (self-coexistence) は、図 3 に示されているような、従来のものとの共存 (coexistence) と同様に、最も重要である。従来のものとの共存は、正確で高速のスペクトルの感知と、測定と、検出アルゴリズムと、スペクトルの管理とによって達成される。これは、C P E と B S とによって行なわれる。従って、これらの技術により、フレキシビリティと適応性は非常に高くなる。P H Y ユニットと媒体アクセス制御装置 (medium-access controller, MAC) は、共存の問題に対処するために、このフレキシビリティと適応性をサポートするように設計されている。

20

【 0 0 4 5 】

図 4 は、時間と周波数とについての、従来のものによるチャネルの占有の例示的なパターンを示している。この図に示されているように、C P E による送信の機会 (即ち、チャネルが空である時間) は、ランダムな挙動 (random behavior) をしばしば経験する。ランダムな挙動は、M A C と P H Y との両者の設計に影響を及ぼす。W R A N の適用には、恐らく可変のスループットで可変数のユーザをサポートするダウンストリームにおけるフレキシビリティが必要である。更に、W R A N は、アップストリームにおける多重アクセスをサポートする必要がある。マルチキャリア変調技術は、信号の時間と周波数の領域の両者を制御できるので、マルチキャリア変調技術は、この点に関して非常にフレキシブルである。これは、二次元 (時間と周波数) のスロットを定めて、両方向で送信されるサービスを、これらのスロットのサブセットにマップする機会を提供する。現在の 8 0 2 . 2 2 のドラフトは、幾つかの技術的改良、例えばチャネルボンディング (channel bonding) を備えた、ダウンストリームリンク及びアップストリームリンクに対する O F D M A 変調に基づく。W R A N は、一般に長い遅延拡散 (大きな地域又は大都市エリアにおいて 2 5 u s 乃至 5 0 u s まで) により特徴付けられる。このため、約 4 0 u s のサイクリックプレフィックス (cyclic prefix) を使用する必要があり得る。サイクリックプレフィックスによるオーバーヘッドの影響を弱めるために、およそ 2 K の搬送波を 1 本のチャネルで使用することができる。

30

40

【 0 0 4 6 】

更に、8 0 2 . 2 2 の P H Y は、変調と符号化とに関して、高いフレキシビリティを提供すべきである。例えば、図 1 のシナリオを検討する。図 1 において、C P E は、B S から様々な距離に配置され得るので、異なる信号対雑音比 (S N R) の品質を経験し得る。この問題を克服し、システムの効率を改善するために、B S は、少なくとも C P E 毎に、帯域幅と、変調と、符号化とを、ダイナミックに調節できるべきである。O F D M A は、C P E の条件に合うように、副搬送波を効率的に割り振ることができるので、O F D M A は、これらの目標を達成するのに良く適している。加入者を 4 8 本のサブチャネルに分けて

50

もよく、変調方式、例えば、QPSK、16-QAM、64QAMを、畳み込み符号化と共に使用できることが、当業者に分かるであろう。これは、サブチャネル当たり数Kbpsから始まって、チャネル当たり19Mbpsまでのデータレートを提供する。これは、十分なフレキシビリティを提供するはずである。

【0047】

より広い帯域幅が、周波数非選択性フラットフェージング(frequency-non-selective flat fading)を低減し、周波数選択性フェージングのチャネル環境において更なる周波数ダイバーシティを提供することは、当業者に周知である。更に、より広い帯域幅は、より大きなキャパシティを提供する。従って、スペクトルが利用可能である場合は必ず、より広い帯域幅のシステムを使用するのが有益である。このような利用可能なより広いスペクトルを使用して、データレートと距離との兼ね合いをとることができる。例えば、BSにより近いデバイスは、大きなキャパシティを有することができ、一方で、遠くのデバイスは、マルチパスダイバーシティと、より大きな送信及び受信電力とから恩恵を得ることができる。予備的なリンクバジェット分析(preliminary link budget analysis)は、1本のみのTVチャンネルを送信に使用することによって、802.22の条件(30Kmで約19Mbps)を満たすのは、困難であることを示している。隣接チャンネルを統合することによるチャンネルボンディングを使用すると、この条件を満たすことができる。2つのチャンネルボンディング方式がある。即ち、隣接チャンネルのボンディングと、非隣接チャンネルのボンディングである。現在の802.22のドラフトは、これらの両者の方式をサポートしている。

【0048】

図5は、CR502のシステム500として構成された本発明の好ましい実施形態を示している。このシステムのCR502は、ワイヤレスネットワークの4つの異なるノード1-4を表わしている。このシステム500の各CR502は、構成及び監視(C&M)ロジック506と、非DSA無線機508とを含んでいる。ノード1と、2と、4の3つは、アンテナ510に関連付けられたスペクトル感知ロジック504を更に含んでいる。ノード1-4は、非コグニティブ無線機208に接続された1台以上のコンピュータ511(例えば、ラップトップ)をオプションで更に含み得る。

【0049】

ここで使用されている「ロジック」は、1つ(又は複数)の機能又は1つ(又は複数)の動作を行なうために、並びに/或いは、別のロジック、方法、及び/又はシステムから機能又は動作を行わせるために、ハードウェア、ファームウェア、マシンに記憶されている又はマシンで実行される命令、並びに/或いは各々の組み合わせを含むが、これらに制限されない。ロジックは、ソフトウェアで制御されるマイクロプロセッサ、ディスクリットロジック(例えば、ASIC)、アナログ回路、デジタル回路、プログラムされたロジックデバイス、命令を含んでいるメモリデバイス、等を含み得る。ロジックは、少なくとも1つの回路、1つ以上のゲート、ゲートの組み合わせ、又は他の回路コンポーネントを含み得る。複数の論理的ロジックが記載されている場合に、複数の論理的ロジックを1つの物理的ロジックに組み込むことが可能であり得る。同様に、1つの論理的ロジックが記載されている場合に、その1つの論理的ロジックを複数の物理的ロジックに分散させることが可能であり得る。

【0050】

スペクトル感知ロジック504は、そのアンテナ510によって捕捉された周波数データを監視し、どのチャンネル及び/又は周波数が使用されているか又は使用されていないかを、構成及び監視ロジック506に報告する。構成及び監視(C&M)ロジック506は、この情報を、ノード1-4のうちの一つであって、スペクトルマネージャ(SM)として働くものに報告する。スペクトル感知ロジック504と、構成及び監視ロジック506は、他のコグニティブ無線機能を行なうことができる。他のコグニティブ無線機能は、例えば、802.22の標準規格に記載されているものである。図5では、ノード4の構成及び監視ロジック506は、SMとして働き得る。システム500の1つの構成では、SMと

10

20

30

40

50

して働かない他のノード 1 - 3 は、マスタ - スレーブ関係にある S M に報告し、その S M によって制御される。

【 0 0 5 1 】

S M は、システム 5 0 0 のコグニティブエンジンとして働くことができる。S M は、ノード 1 - 4 の各々からのスペクトル感知情報と無線リンク統計とを監視し、無線ネットワークに対する周波数帯域幅 (B W) 又は電力の変更が必要かどうかを決める。好ましい実施形態の幾つかの構成では、非 D S A 無線機 5 0 6 に結び付けられたラップトップは、構成及び監視ロジック 5 0 6 の全て又は一部分に取って代わり得るので、構成及び監視ロジック 5 0 6 で通常行なわれるコグニティブ機能を、ラップトップで行なうことができる。更に、1つのラップトップが、ネットワーク 5 1 2 の S M として働くことができる。S M は、S M に関連付けられた専用の I P アドレスを有するので、S M は、ノード 1 - 4 のうちの何れかに存在し得るが、ポイントツウマルチポイント (Point to Multi-Point, PMP) のネットワークトポロジでは、S M は制御ノード (Control Node, CN) に存在する可能性が高い。

10

【 0 0 5 2 】

好ましい実施形態の 1 つの構成では、専用のインターネットプロトコル (I P) のアドレスを、1つ以上のモジュールに割り当てることができる。これは、I P / シンプルネットワークマネジメントプロトコル (simple network management protocol, SNMP) のアプリケーションレベルのメッセージを使用して、これらのモジュールにアクセスし、これらのモジュールを構成することを可能にする。バックボーンとして I P を使用すると、システム 5 0 0 は異なる無線ネットワークに容易に適応でき、ネットワークをスケーラブルにでき、ネットワーク内のノード 5 0 2 の数をシームレスに増加できる。無線機 5 0 2 の監視と制御のために、アプリケーションレベルにおける I P と S N M P のメッセージングを使用すると、非コグニティブ無線機 5 0 8 のハードウェア又はファームウェアに必要な変更がないかもしれないことを意味する。実際に、非コグニティブ無線機 5 0 8 のソフトウェア (例えば、M A C) のメッセージングに必要な変更はないかもしれない。

20

【 0 0 5 3 】

従来からのワイヤレスシステムと異なり、図 5 のシステム 5 0 0 は、情報交換のためのアプリケーションレベルのメッセージングと、システムの監視及び制御とを使用し、その結果、I P カプセル化条件のために、幾つかのオーバーヘッドが追加される。しかしながら、後述で説明されるように、システム 5 0 0 の実際の情報のスルーputと比較すると、これらのオーバーヘッドは重要ではない。

30

【 0 0 5 4 】

ビーエーイー・システム (BAE System Inc.) は、図 6 に示されている、ロバストネスと効率のための敏捷なスペクトル利用 (Agile Spectrum Utilization for Robustness and Efficiency, ASURE) として知られている構成の図 5 のシステム 5 0 0 をテストした。図 6 の例示的なシステム 6 0 0 は、3つのノード 1 - 3 を含んでいる。3つのノード 1 - 3 は、ネットワーク 6 3 0 を通じて一緒に接続されている。A S U R E システムでは、各ノード 6 0 2 は、ソフトウェアの制御可能な非 D S A 無線機 6 0 8 と、無線周波数 (R F) コレクタ 6 0 4 (例えば、図 5 のスペクトル感知ロジック 5 0 4) と、ラップトップ 6 1 1 とを含む。ソフトウェアの制御可能な非 D S A 無線機 6 0 8 は、その構成を可能にする必要なインターフェイスを有している。ネットワーク層のスイッチ 6 2 0 は、無線機 6 0 8 と、ラップトップ 6 1 1 と、R F コレクタ 6 0 4 とを接続し得る。コレクタ 6 0 4 が、アンテナ 6 1 0 に取り付けられ得る。ラップトップ 6 1 1 は、スペクトル感知と、C & M と、S M コグニティブエンジンアルゴリズムとを含む。図 6 は、P M P 構成の、3つのノードを有するテストベッド (test-bed) を示している。ネットワークのスケラビリティとネットワークのトポロジ (例えば、この場合は、P M P) は、無線機 6 0 8 の能力によって判断され、利用されているコグニティブ無線アルゴリズムによっても、A S U R E システムのアーキテクチャによっても制限されない。A S U R E システム 6 0 0 は、コグニティブ無線ネットワークの監視と制御とのために、複数の無線リンク自体を使用する。別のパッ

40

50

クアップリンクは必要ない。

【 0 0 5 5 】

図 6 の A S U R E システム 6 0 0 では、戦闘員情報ネットワーク - 戦術 (Warfighter Information Network - Tactical, WIN-T) のローカルエリア波形 (local Area Waveform, LA W) の無線機が、A S U R E のテストベッドの証明に使用された。しかしながら、ソフトウェアの可制御性 (software controllability) を備える他の無線機を使用してもよい。A S U R E の場合に、W I N - T L A W 無線機は、P M P モードで動作する。W I N - T L A W 無線機は、無線 M I B オブジェクト (radio MIB object) を読み出し且つ書き込むことができるネットワーク / アプリケーションレベルの S N M P メッセージを使用して、パラメータを制御できるように設計されている。

10

【 0 0 5 6 】

A S U R E システム 6 0 0 は、市販の既製品 (commercial off the shelf, COTS) の部分を R F コレクタ 6 0 4 に使用した。この R F コレクタ 6 0 4 は、本質的に、チューナとディジタイザとである。ディジタイザは、目的とする特定の帯域で集められた実部 (real) と虚部 (imaginary) (I Q) の波形のサンプルを、スペクトル感知アルゴリズムに提供することができる。スペクトル感知アルゴリズムは、これらのチャンネルに存在する信号の性質を決定する。スペクトル感知モジュール (S S M) は、対応するラップトップ 6 1 1 で実行されるスペクトル感知アルゴリズムに接続された R F コレクタ 6 0 4 から構成されている。

【 0 0 5 7 】

R F コレクタ 6 0 4 と、対応する無線機 6 0 8 は、ネットワークスイッチ 6 2 0 を介して、対応するラップトップ 6 1 1 に接続される。対応するラップトップ 6 1 1 は、C & M と、S M と、スペクトル感知とに関係する様々なソフトウェアプログラムを実行する。将来、これらのソフトウェアルーチンは全て、無線機 6 0 8 又は他の何らかの専用のハードウェアにおいて実行され得ると考えられる。

20

【 0 0 5 8 】

A S U R E システム 6 0 0 をテストする一方で、無線機が動作する周波数帯で動作できる様々なタイプの波形を、信号発生器を使用して送信することによって、ダイナミックな干渉環境を生成した。更に、別の W I N - T ネットワークを使用して、ネットワークの共存のシナリオを生成した。

30

【 0 0 5 9 】

A S U R E システム 6 0 0 は、全てのノードにセンサ 5 0 4 を有することなく、コグニティブネットワーキングの能力を証明できることを示している。I P と S N M P とを通じて可能にされるアプリケーションレベルのメッセージングは、スペクトルの監視と、ネットワークの管理と、無線制御とに使用される。コグニティブエンジンは、容易に修正するために、J A V A (登録商標) のような高水準言語で書くことができる。A S U R E システム 6 0 0 は、有利な及び不利なモバイルの干渉が存在する場合におけるこのような D S A 対応の W I N - T L A W 無線ネットワークの動作の性能を証明した。無線システムが、無線機の制御と監視に必要なインターフェイス (例えば、管理情報ベース (Management Information Base, MIB) と、シリアル又はイーサネット (登録商標) のポートの形態をとるハードウェアインターフェイス) を備えている限り、A S U R E システム 6 0 0 とアルゴリズムは、ほぼどんな無線システムでも機能できるように設計されている。

40

【 0 0 6 0 】

後述で更に説明されるように、A S U R E の証明は、米国陸軍のサーデック (C E R D E C) のフォートディクス (Fort Dix) の施設で実行された。A S U R E の証明は、ダイナミックな干渉環境が存在する場合にリアルタイムのシステムの接続とリンクの品質とを維持する一方で、非 D S A を備えた軍用無線機を使用して、自律型の高度なスペクトルの敏捷性 (agility) を取り込むことができることを示している。

【 0 0 6 1 】

図 7 は、A S U R E の S S M を示している。S S M は、特別設計のスペクトル感知アル

50

ゴリズムを実行するコンピュータ611にイーサネット(登録商標)ケーブルを通じて接続されたCOTSのRFコレクタ604から構成される。これらのコンポーネントを合わせてSSMを形成している。COTSのRFコレクタの部分は、適度なコストの広帯域RF受信機であり、20MHzから5.9GHzの周波数の有効範囲と、20MHzのデジタルの中間周波数(Intermediate Frequency, IF)のBWと、送信制御プロトコル(transmission control protocol, TCP)のネットワークインターフェイスと、512MBの取り込みメモリバッファと、全地球測位システム(global positioning system, GPS)又はネットワークインターフェイス(例えば、IEEE 1588)による高精度のクロック同期を備えたオプションの統合型高精度GPS受信機とを備えている。COTSの部分に関係付けられたダイナミックリンクライブラリ(dynamic link library, DLL)をダウンロードし、ハードウェアを制御し、そこからリアルタイムの情報を抽出してもよい。

10

【0062】

有効ノイズ指数(NF)を下げ、感度を上げるために、COTSのRFコレクタのフロントエンドにおいて、低ノイズプリアンプ(LNA)を使用することが、非常に望ましい。SSMの動作のために、2つのモードが定められている。自律モードでは、SSMは、走査する周波数範囲を与えられ、信号がどこで検出されたかと、どの周波数が利用可能であるかについて、SMに周期的に報告する。この動作モードでは、SSMは、検出信号に対して、信号の分類を行わない。SMに報告される測定値のうちの幾つかは、利用可能な周波数チャンネルと、それらの総電力スペクトル密度とについての報告を含む。次に、無線機が現在の動作チャンネルから移動する必要がある場合に、これらの測定値を使用して、バックアップチャンネルに優先順位を付ける。更に、SSMは、クライアント/サーバ構成で動作でき、この場合に、SMは、SSMに、特定のチャンネルを走査して、検出信号の存在を確かめて、それを分類するように要求することができる。次に、この信号の分類情報を使用して、より多くの情報に基づく決定をSMにおいて行うか、又はこの信号の分類情報をより高い層、例えばネットワークオペレーションズ(network operations, NetOps)に渡す。より高い層では、この情報は、スペクトルの計画とポリシーとに使用され得る。

20

【0063】

SSMは、高次統計量(HOS)と周期定常特徴とに基づいて、特別設計の特徴をベースにしたスペクトル感知アルゴリズムを使用できる。エネルギーに基づく信号検出も利用可能であるが、セキュリティ上の問題のために、広範囲にわたって使用されないかもしれない。

30

【0064】

図8は、ASURE構成及び監視(C&M)ロジックの状態機械図を示している。状態機械図における各フローは、(イベント/動作)のタプル(tuple)によって表現されている。(イベント/動作)のタプルは、発生した特定のイベントにตอบสนองして取られる動作を特定している。イベントに対する数字は、ASUREメッセージIDを示している。

【0065】

C&Mロジックは、JAVA(登録商標)で符号化され、ノードの各々に存在し、SSMと無線機とにインターフェイスし得る。C&Mは、ノードの各々とSMとの間のリンクとして働く。C&Mは、無線機とSSMとを監視及び制御するソフトウェアを含む。更に、C&Mは、ローカルの知能と意思決定の能力を含むことができる。

40

【0066】

C&Mロジックは、スペクトル感知情報をSSMから周期的にフェッチする。ローカルメモリに存在する既に記録された情報を変更する場合に、これは、この情報をSMに送信する。更に、C&Mは、無線リンクパラメータを監視する。無線リンクパラメータは、例えば、受信信号強度インジケータ(received signal strength indicator, RSSI)と、搬送波対干渉及び雑音比(carrier to interference plus noise ratio, CINR)と、変調及び符号化フォーマットと、ノードに入る及びノードから出る全てのフローに対する無線機の packets 誤り率(packet error rate, PER)である。C&Mは、この情報をSMに周期的に送る。これらのパラメータの何れかに対する突然の変化の場合に、C&Mは、緊急リンク

50

更新メッセージをSMに送ることができる。SMは、周波数、BW、又は電力を変更する必要があるかどうかを決める。

【0067】

更に、C&Mロジックは、管理及び制御コマンドをSMから吸収し、それらに従って動作することができる。これらの要求には、SSM構成、チャンネル移動に対する無線再構成、特定の感知要求、等のような様々なタイプがある。SMからの無線再構成要求は、C&Mロジックに、無線パラメータ、例えば、動作周波数、帯域幅、電力、等を再構成するように命令する。これは、無線機がダイナミックな干渉環境を回避することを可能にする。SMへのリンクが失われた場合に、C&Mロジックは、更に、ランデブー（rendezvous）の実行の責任を担うことができる。

10

【0068】

図9は、ASUREコグニティブエンジン(スペクトルマネージャ)の動作を、状態機械図として示している。ASUREコグニティブエンジンは、上述のようにスペクトルマネージャ(SM)とも呼ばれる。SMは、その固有のIPアドレスによってアドレス指定されるので、SMは、ネットワークのほぼどんな部分/モジュールにも存在できる。

【0069】

SMは、ノードの各々から、ローカルな感知及びリンクパラメータ情報を吸収し、無線ネットワークパラメータ、例えば、周波数、BW、又は電力を変更する必要があるかどうかを決定することに責任を担う。無線動作周波数とBWとの変更を可能にするASUREの能力は、グレイスペースの利用を可能にし、更なる敏捷性をネットワークに与える。SMの将来のバージョンは、NetOpsに対するインターフェイスを備えていてもよい。

20

【0070】

SMは、様々なSSMからの感知情報の経過を追い、この情報を使用して、バックアップチャンネル構成を予め計算する。バックアップチャンネル構成は、周波数と、帯域幅と、送信電力とのタプルとして計算される。SMは、いつでも、3本までのバックアップチャンネルを予め計算し、この情報を全てのノードに周期的に送信する。

【0071】

信号が特定のチャンネルにおいて検出されると、SMは、感知アルゴリズムに、信号のタイプを分類して報告を返すように要求することによって、信号を更に調べる能力を有する。この情報に基づいて、SMは、検出された信号が本物であるか否かと、チャンネルが動作に利用可能であるかどうかとを決定する。更に、SMは、スペクトル計画の決定を容易にするために、この情報をNetOpsに送信する能力を有し得る。

30

【0072】

SMは、それに登録したC&Mの経過を追う。SMは、干渉のために接続が中断したか、又はリンクマージンが不十分であるために接続が中断したかを推論する知能を有する。干渉が原因でリンクがダウンしようとする場合は、リンクが完全に失われる前に、ネットワークを移動するコマンドを発行して、全ての登録されたC&Mに、第1の利用可能なバックアップチャンネルに移動するように要求する。このような要請が通らず、SMへのリンクが、ある特定の時間よりも長く失われた場合に、C&Mは、第1のバックアップチャンネルに移動するためのローカルな知能を有する。バックアップチャンネルが利用可能でない状況では、C&Mは、SMとの同期を試みるランデブーアルゴリズム（rendezvous algorithm）を開始する。ASUREシステムの場合のように、ノードのうちの幾つかがローカルセンサを有していない場合に、ランデブーアルゴリズムは複雑になる。その理由は、（ローカルな感知情報がSMに供給されないので）計算されたバックアップチャンネルが、センサのないノードにとって最適でない場合があるからである。

40

【0073】

図10は、様々なノードからSMへの情報融合がどのように行われるかを示すSMディスプレイコンソールを示している。ディスプレイは、紺色を使用して、「現在の動作チャンネル」を表すことができる。ディスプレイは、水色を使用して、「バックアップチャンネル」を表すことができる。ディスプレイは、赤色を使用して、ポリシーによって指定された

50

「許可されない (disallowed)」チャンネルを表すことができる。この時に、ユーザによる手入力を使用して、ポリシーブロックが定義されるが、A S U R E の将来のバージョンでは、N e t O p s の一部分のような上位階層によってこの情報を提供することが構想されている。第3の行は、様々なS S Mからの感知情報の融合を示している。薄緑色を使用して、信号が検出されていないチャンネルであって、無線機が動作するのに「利用可能な」チャンネルを表すことができる。赤色は、幾つかの信号(有利なネットワークの信号又は他の何らかの干渉信号の何れか)が検出されたチャンネルを表わすことができるので、それらの使用は「許可されない」。最後の行を紫で表して、チャンネルの総電力スペクトル密度(power spectrum density, PSD)を示すことができる。総P S Dは、式1において、次のように定義される。

【数1】

$$\text{PSD}_{\text{Aggregate}} = \frac{1}{N \cdot K} \sum_n \sum_k |X_{k,n}|^2 \quad k=0, \dots, K-1, \quad \text{式1}$$

【0074】

なお、 X_k は、特定のチャンネルに対する捕捉信号のフーリエ変換であり、 k は、フーリエ係数であり、 n は、特定のノードから来るP S D情報を表わす。 N と K は、感知能力を有するノードの総数と、フーリエ変換の長さとをそれぞれ表わす。総P S Dは、その特定のチャンネルに含まれるノイズと全信号の電力の合計に比例する。特定のチャンネルについて、情報を有する信号が検出されない場合に、総P S Dは、特定のチャンネルに含まれている干渉とノイズとの合計の測度であることに留意すべきである。シャノン容量は、式2によって定義されることに留意すべきである。

【数2】

$$C = BW \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{I+N} \right) \approx BW \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{\text{PSD}_{\text{Aggregate}}} \right) \quad \text{式2}$$

【0075】

C は、情報レートであり、 S は、信号の電力であり、 BW は、帯域幅であり、 $(I+N)$ は、合計の干渉とノイズの電力である。全ての「利用可能な」チャンネルについて、特徴ベースの感知アルゴリズムに基づいて信号が検出されない場合に、総P S Dは、干渉とノイズの電力に比例する。従って、所定の固定送信電力 S に対するキャパシティ C は、最低総P S Dを有するチャンネルを選択することによって最大化される。このロジックを使用して、バックアップチャンネルに優先順位を付けることができる。

【0076】

ここで、A S U R E システム600のアプリケーションレベルのメッセージングについて説明する。A S U R E システムに対して、メッセージの拡張ライブラリが定義されている。図11は、C & MとS Mとの間で交換されるメッセージのうちの幾つかを示している。最初にC & MがS Mに登録しようとするときに、登録メッセージ(M S G I D 257)が、C & MによってS Mに送信される。登録に回答して、S Mは、登録肯定応答メッセージ(メッセージI D 258)を送る。メッセージI D 258は、C & Mと、S S Mと、無線機とについての構成情報も含む。

【0077】

登録が完了すると、C & Mは、ハートビート(Heartbeat)メッセージ(メッセージI D 259)をS Mに周期的に送る。ハートビートは、ノードを通る全てのフローについての、チャンネルの占有と、総P S Dと、リンクパラメータの情報を含む。ハートビートメッセージに回答して、S Mは、ハートビートA C Kメッセージ(メッセージI D 260)をC & Mに送り出す。メッセージI D 260は、動作とバックアップチャンネルの情報を含んでいる。メッセージI D 263は、緊急共存状況メッセージ(Urgent Co-existence

10

20

30

40

50

Situation message) を表わす。緊急共存状況メッセージは、全ての C & M に、バックアップチャンネルへ移動するように命令する。メッセージ ID 261 と 262 は、緊急リンク更新情報と信号分類情報とをそれぞれ含んでいる。

【0078】

A S U R E の現場での証明は、通信 - 電子機器の研究、開発、及びエンジニアリングセンター (Communications-Electronics Research, Development, and Engineering Center, CERDEC) のフォートディクス施設で行なわれた。フォートディクスは、次世代の進歩している技術をテストして評価するために、コマンド、制御、通信、コンピュータ、知能、監視、及び偵察の、発展しているプロダクトマネージャ (Product Manager of Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance on the move, PM C4ISR OTM) によって、独自にレイアウトされた。A S U R E のデモ (demo) は、ポイントツウマルチポイント (PMP) のネットワークトポロジで動作する 3 つのノードから構成されている。ノードのうちの 1 つは、SSM を含んでいない。これは、コグニティブ無線ネットワークにおける全てのノードがスペクトル感知能力を必要とするとは限らないことを証明している。

10

【0079】

無線機の動作周波数範囲内の波形であって、情報を有していないある特定の波形を放出する COTS のアジレント信号発生器 (COTS Agilent signal generator) を使用して、干渉を生成した。更に、別の静止 W I N - T L A W 無線ネットワークを近くで動作させた。ダイナミックな干渉環境で動作する A S U R E ネットワークの能力を測定するために、様々なテストが行なわれた。これらのテストは、干渉が検出されたときにチャンネルを捨てる時間と、別のチャンネルでネットワークを再設定するのにかかる時間と、全てのコグニティブメッセージングによるシステムのオーバーヘッドとをテストすることから成る。これらの測定されるパラメータは、テーブル 1 に記載されている。

20

【表 1】

テーブル1

性能パラメータ:	説明:	性能値:
ネットワーク再設定時間	無線機が移動するように要求された時から、加入者が新しいバックアップチャンネルに登録するまでの時間	ホップ時間前に0.50秒待つ場合に、0.62秒
干渉応答時間/ チャンネル放棄時間	干渉が検出された時から、無線機が移動するように要求されるまでの時間	<0.80秒(緊急リンク更新を用いる)> <1.68(緊急リンク更新を用いない)>
合計コグニティブメッセージングのオーバーヘッド	ダウンリンクとアップリンクとにおける全てのコグニティブメッセージングに対する平均システムオーバーヘッド	1.85kbits/s/リンク (10Mbits/sリンクと仮定して、0.0185%のオーバーヘッドになる)
オーバーヘッド-DL	ダウンリンクにおける全てのコグニティブメッセージングに対する平均システムオーバーヘッド	0.49Kbits/s/リンク
オーバーヘッド-UL	アップリンクにおける全てのコグニティブメッセージングに対する平均システムオーバーヘッド	1.36Kbits/s/リンク

【0080】

テーブル1の結果は、現在の非D S A軍事用無線機に対してハードウェア又はファームウェアを変更することなく、現在の非D S A軍事用無線機を「コグニティブ」にすることが可能であることを示している。更に、テーブルは、全てのノードにおいてセンサを有しているとは限らないにもかかわらず、システムが動作することを示している。アプリケーションレベルのメッセージングにもかかわらず、ネットワーク再設定時間とチャンネル放棄時間は、かなり短く、多くのやり方で改善できる。最後に、アプリケーションレベルの追加のコグニティブメッセージングは、システムのスループットに対してあまり不利益を加えない。コグニティブメッセージングのオーバーヘッドとタイミングは、システム中のノードの数と共に線形に増加する可能性が高いが、ある予備調査は、ダイナミックな干渉環境におけるロバストな動作を保証するために取り入れられたメッセージングの重複を無くすことによって、1つのノード当たりのオーバーヘッドをかなり低減できることを示している。

【0081】

本発明のこの証明は、D S Aを備えていない軍事用無線機を使用して、自律型の高度なスペクトルの敏捷性を取り込むことができる一方で、ダイナミックな干渉環境が存在する場合に、リアルタイムのシステムの接続とリンクの品質とを維持できることを示している。

【0082】

例示的な方法は、フローチャート及び/又は状態機械図を参照して、より良く理解できる。説明を単純にするために、図示されている方法は、一連のブロックとして示され且つ説明されているが、幾つかのブロックを、示され且つ説明されている順序と異なる順序で、及び/又は、他のブロックと同時にこなうことができるので、この方法は、ブロックの順序によって制限されないことが分かるであろう。更に、例示的な方法を実施するために、図示されているブロックが全て必要とされる訳ではない。ブロックを組み合わせてもよく、又は複数のコンポーネントに分けてもよい。更に、追加及び/又は代替りの方法は、図示されていない追加のブロックを用いることができる。

【0083】

図12は、好ましい実施形態の方法1200であって、非コグニティブ無線機をコグニティブ無線機において変換する方法を示している。方法1200は、1202において、構成及び管理ユニットとアンテナとの間にスペクトルセンサを接続する。スペクトルセンサは、ワイヤレス環境を感知して、利用可能な周波数及び/又は利用可能なチャンネルを決定する。方法1200は、1204において、構成及び管理ユニットを非コグニティブ無線機に接続する。構成及び管理ユニットは、利用可能な周波数及び/又は利用可能なチャンネルを、遠隔スペクトルマネージャに送信する。遠隔スペクトルマネージャは、ワイヤレスネットワークへのアクセスを管理する。構成及び管理は、ISOモデルのアプリケーションレベルにおいて遠隔スペクトルマネージャと通信することができる。更に、方法1200は、国際的な電気電子技術者協会(IEEE)802.22の標準規格に従って、この無線機をコグニティブ無線機として操作することができる。スペクトルセンサと、構成及び管理ユニットは、無線機が非コグニティブ無線機として動作することを可能にする非コグニティブ無線機から取り外し可能である。

【0084】

上述では、簡潔で、明確で、理解し易くするために、ある特定の用語が使用されている。説明の目的で、且つ広く解釈されることを意図して、このような用語を使用しているのは、先行技術の要求を超える不要な制限は含まれていない。従って、本発明は、示され且つ説明されている特定の詳細と、代表的な実施形態と、説明に役立つ例とに制限されない。従って、本出願は、請求項の範囲内の変更と、修正と、バリエーションとを含むことを意図している。

【0085】

更に、本発明の記載と説明は一例であって、本発明は、示されている又は記載されている詳細そのものに制限されない。「好ましい実施形態」、「実施形態」、「一例」、「例」、等の記載は、このように記載されている1つ(又は複数)の実施形態或いは1つ(又は複数)の例が、特定の特徵、構造、特性、特質、要素、又は制限を含み得るが、全ての実施形態又は例が、その特定の特徵、構造、特性、特質、要素、又は制限を必ずしも含んでいるとは限らないことを示している。更に、「好ましい実施形態では」との表現を繰り返し使用していることは、同じ実施形態を指している場合もあるが、必ずしも同じ実施形態を指しているとは限らない。

10

20

30

【図1】

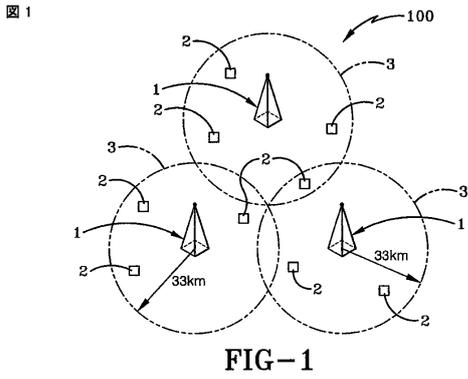


FIG-1

【図3】

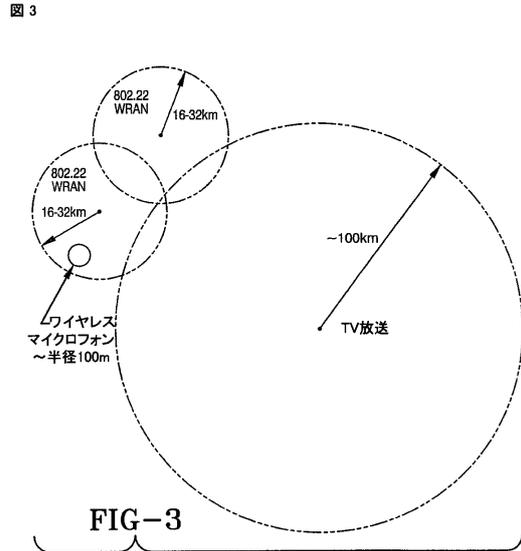


FIG-3

【図2】

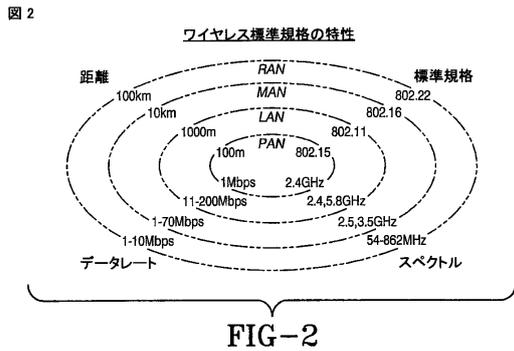


FIG-2

【図4】

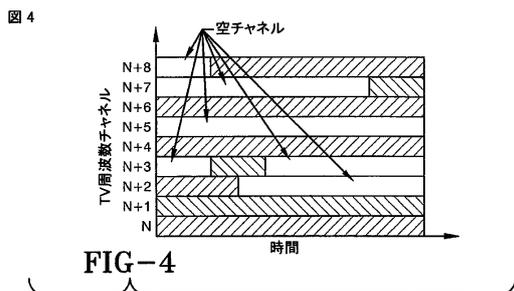


FIG-4

【図6】

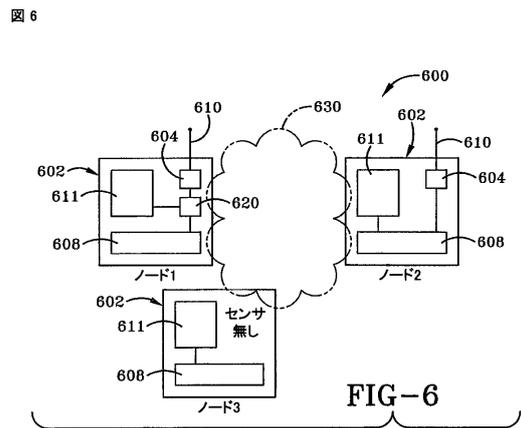


FIG-6

【図5】

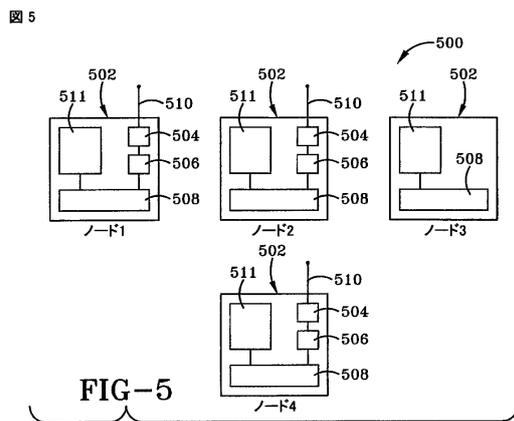


FIG-5

【 図 7 】

図 7

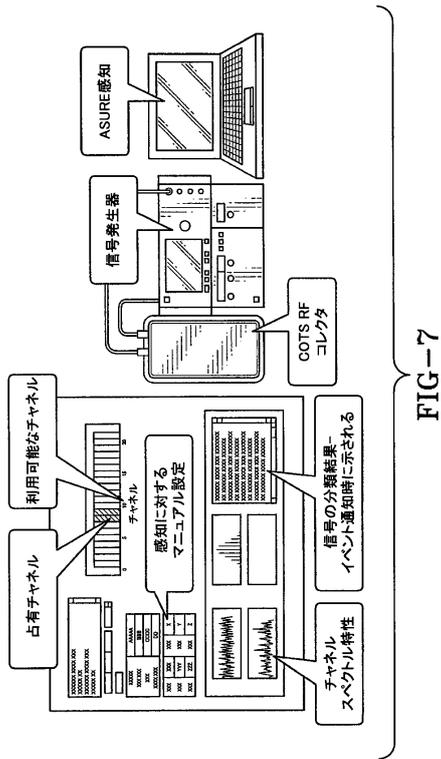


FIG-7

【 図 8 】

図 8

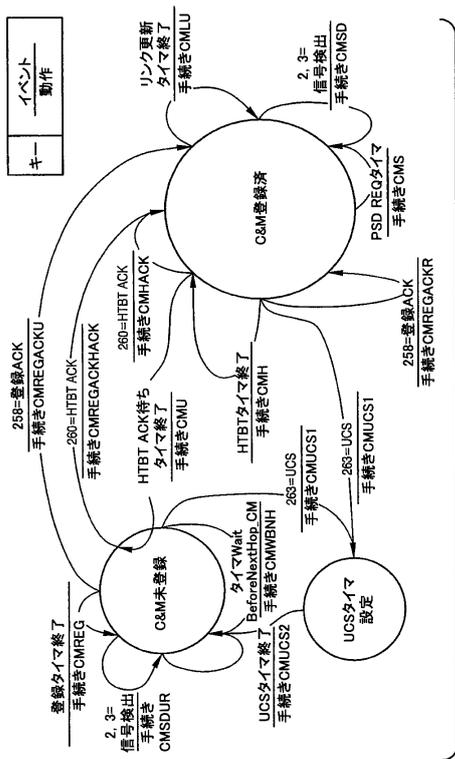


FIG-8

【 図 9 】

図 9

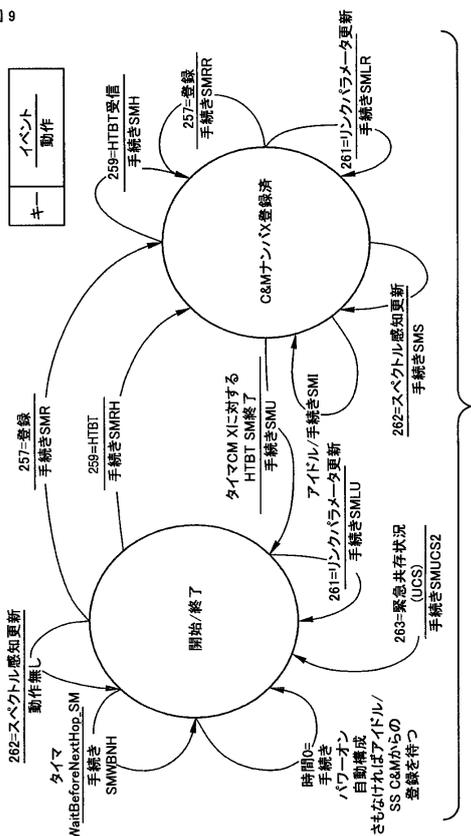


FIG-9

【 図 10 】

図 10

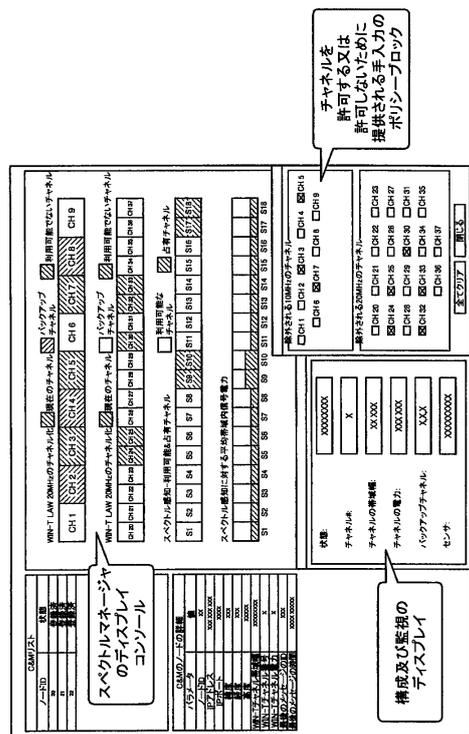
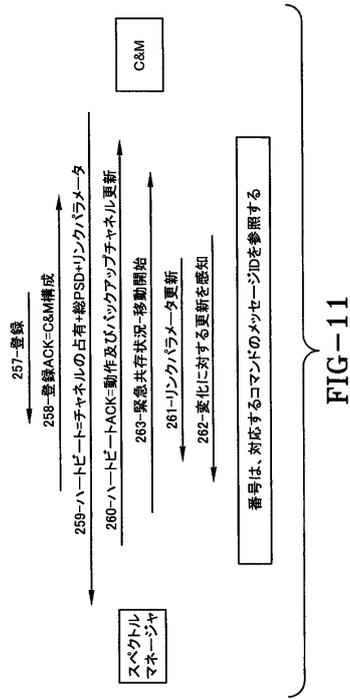


FIG-10

【 図 1 1 】

図 11



【 図 1 2 】

図 12

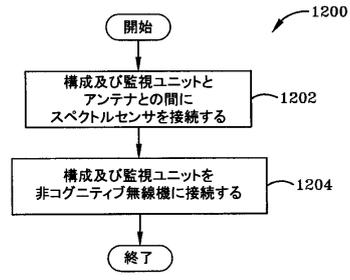


FIG-12

フロントページの続き

- (74)代理人 100103034
弁理士 野河 信久
- (74)代理人 100095441
弁理士 白根 俊郎
- (74)代理人 100075672
弁理士 峰 隆司
- (74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克
- (72)発明者 モディー、アパーバ・エヌ。
アメリカ合衆国、マサチューセッツ州 01854、ロウエル、ポータケット・ブルバード
1215、ユニット 42
- (72)発明者 シャーマン、マシュー・ジェイ。
アメリカ合衆国、ニュージャージー州 07876、サカサンナ、アトランティス・ドライブ 4
- (72)発明者 ヨー、クウォク・エヌ。
アメリカ合衆国、ニューヨーク州 10002、ニューヨーク、ブルーム・ストリート 248、
アパートメント・ナンバー 8
- (72)発明者 トロジャン、アラン
アメリカ合衆国、ニュージャージー州 07470、ウェイン、シアーズ・プレイス 20
- (72)発明者 スパッツ、シャロン・ケー。
アメリカ合衆国、ニュージャージー州 07666、ティーネック、エッジモント・プレイス 1
09
- (72)発明者 ファーカス、ジョセフ
アメリカ合衆国、ニューハンプシャー州 03054、メリマック、メリー・ポール・レーン 2

審査官 石田 紀之

- (56)参考文献 国際公開第2009/101537(WO, A2)
国際公開第03/090037(WO, A2)
特開2008-278456(JP, A)
米国特許出願公開第2009/0061889(US, A1)
米国特許出願公開第2007/0207751(US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04W 16/14