

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5752721号
(P5752721)

(45) 発行日 平成27年7月22日(2015.7.22)

(24) 登録日 平成27年5月29日(2015.5.29)

(51) Int.Cl.		F I
HO4W 16/14	(2009.01)	HO4W 16/14
HO4W 84/18	(2009.01)	HO4W 84/18
HO4W 88/04	(2009.01)	HO4W 88/04

請求項の数 24 外国語出願 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2013-5634 (P2013-5634)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成25年1月16日 (2013.1.16)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2013-146065 (P2013-146065A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成25年7月25日 (2013.7.25)	(74) 代理人	100108855
審査請求日	平成25年6月18日 (2013.6.18)		弁理士 蔵田 昌俊
(31) 優先権主張番号	1200711.8	(74) 代理人	100109830
(32) 優先日	平成24年1月16日 (2012.1.16)		弁理士 福原 淑弘
(33) 優先権主張国	英国 (GB)	(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100103034
			弁理士 野河 信久
		(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司
		(74) 代理人	100153051
			弁理士 河野 直樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コグニティブ中継ネットワークにおいて、部分的なソフト情報フィードバックによるスペクトル検出の信頼性の向上

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ソースノードと、中継ノードと、を具備するシステムであって、

前記中継ノードは、該中継ノードでの信号チャネルの利用可能性を示す量子化された第1検出データを提供するために、無線スペクトルのエネルギー検出を行ない、

前記ソースノードは、該ソースノードでの前記信号チャネルの利用可能性を示す量子化された第2検出データを提供するために、前記無線スペクトルのエネルギー検出を行ない、

前記中継ノード及び前記ソースノードのどちらかはそれぞれ、前記第1検出データまたは前記第2検出データに基づいて、チャネル利用可能性パラメータを生成し、

前記チャネル利用可能性パラメータは、前記チャネル利用可能性パラメータを生成するために使用される前記第1検出データまたは前記第2検出データのどちらよりも少ないビット数の情報を具備し、

前記ソースノードは、前記チャネル利用可能性パラメータと、前記チャネル利用可能性パラメータを生成するために使用されない第1検出データ及び第2検出データのうちのどちらかと、をそれぞれ前記中継ノードまたは前記ソースノードで合成することによって得られる検出結果に基づいて、メッセージ情報を前記中継ノードへ送信するかどうかを判定する、システム。

【請求項2】

前記中継ノードは、前記第1検出データに基づいて、前記チャネル利用可能性パラメータ

タを生成し、前記チャンネル利用可能性パラメータを前記ソースノードへ送信し、

前記ソースノードは、前記チャンネル利用可能性パラメータと、前記第2検出データとを合成することによって前記検出結果を得る請求項1のシステム。

【請求項3】

前記ソースノードは、前記第2検出データに基づいて前記チャンネル利用可能性パラメータを生成し、前記チャンネル利用可能性パラメータを前記中継ノードへ送信し、

前記中継ノードは、前記チャンネル利用可能性パラメータと、前記第1検出データと、を合成することによって前記検出結果を取得し、

前記中継ノードはさらに、前記検出結果を前記ソースノードへ送信する請求項1のシステム。

10

【請求項4】

前記ソースノードと前記中継ノードは、複数の時間間隔にわたってエネルギー検出を繰り返し、それによって前記複数の時間間隔のうちのそれぞれの間で、それぞれ第1検出データ及び第2検出データを提供し、

前記ソースノードと前記中継ノードはそれぞれ、それぞれの時間間隔で検出される平均エネルギーに基づいて、それぞれnビット検定統計量を生成し、該検定統計量はそれぞれ前記ソースノード及び前記中継ノードでの前記信号チャンネルの利用可能性を示し、

前記チャンネル利用可能性パラメータは、前記検定統計量の値に基づいて生成され、前記チャンネル利用可能性パラメータを生成するために使用されるビット数はnより小さい請求項1から3のうちのいずれか1項のシステム。

20

【請求項5】

前記ソースノードは、前記チャンネル利用可能性パラメータと、前記チャンネル利用可能性パラメータを生成しないソースノード及び中継ノードのいずれか1つの検定統計量と、を合成することによって得られた検出結果に基づいて、メッセージ情報を前記中継ノードへ送信するかどうかを決定する請求項4のシステム。

【請求項6】

前記チャンネル利用可能性パラメータで使用されるビット数は、前記チャンネル利用可能性パラメータを生成するノードによって生成される前記検定統計量の大きさに依存する請求項4または5のシステム。

【請求項7】

前記チャンネル利用可能性パラメータを生成するために使用されるノードは第1エネルギー閾値を定義し、

前記チャンネル利用可能性パラメータを生成するために使用される前記検定統計量が前記第1閾値よりも大きい場合に、前記チャンネル利用可能性パラメータでのビット数は第1値に設定され、

前記チャンネル利用可能性パラメータを生成するために使用される前記第1閾値よりも小さい場合に、前記チャンネル利用可能性パラメータでのビット数が第2値に設定される請求項6のシステム。

30

【請求項8】

前記チャンネル利用可能性パラメータを生成するために使用される前記ノードは、第1エネルギー閾値及び第2エネルギー閾値を定義し、該第2エネルギー閾値は、該第1エネルギー閾値よりも大きく、

前記チャンネル利用可能性パラメータを生成するために使用される前記検定統計量が前記第1閾値よりも小さい、または前記第2閾値よりも大きい場合には、前記チャンネル利用可能性パラメータでのビット数は第1値に設定され、

前記チャンネル利用可能性パラメータを生成するために使用される前記検定統計量が前記第1閾値と前記第2閾値との間にある場合には、前記チャンネル利用可能性パラメータでのビット数は第2値に設定される請求項7のシステム。

40

【請求項9】

前記第2値は、前記第1値よりも大きい請求項8のシステム。

50

【請求項 10】

前記第 1 閾値及び第 2 閾値は、前記チャンネル利用可能性パラメータを生成するために用いられる前記ノードによって変えられることが可能である請求項 8 または 9 のシステム。

【請求項 11】

複数の中継ノードを具備し、前記ソースノードは、複数の中継ノードのそれぞれによってそれぞれの 1 組のノードを形成し、

それぞれの組のノードごとに、

前記中継ノードは、前記中継ノードでの信号チャンネルの利用可能性を示す第 1 検出データを提供するために、前記無線スペクトルのエネルギー検出を行ない、

前記ソースノードは、前記ソースノードでの前記信号チャンネルの利用可能性を示す第 2 検出データを提供するために、前記無線スペクトルのエネルギー検出を行ない、

前記中継ノード及び前記ソースノードのうちどちらかは、それぞれ前記第 1 検出データまたは前記第 2 検出データに基づいて、チャンネル利用可能性パラメータを生成し、

前記チャンネル利用可能性パラメータは、前記チャンネル利用可能性パラメータを生成するために使用される第 1 検出データまたは第 2 検出データのどちらよりも小さいビット数の情報を具備し、

前記ソースノードは、前記チャンネル利用可能性パラメータと、前記チャンネル利用可能性パラメータを生成するために使用されない前記第 1 検出データ及び前記第 2 検出データのどちらか 1 つと、を合成することによって得られた検出結果に基づいて、メッセージ情報を前記中継ノードへ送るかどうかを決定する請求項 1 から 10 のいずれか 1 項のシステム

【請求項 12】

複数のセカンダリ中継ノードを具備し、前記中継ノードは、前記セカンダリ中継ノードのそれぞれによって、それぞれ 1 組のノードを形成し、

前記ソースノードは、第 2 検出データに基づいて前記チャンネル利用可能性パラメータを生成し、前記チャンネル利用可能性パラメータを前記中継ノードへ送信し、

前記セカンダリ中継ノードのそれぞれは、それぞれの前記セカンダリ中継ノードでの信号チャンネルの利用可能性を示す検出データを提供するために、前記無線スペクトルのエネルギー検出を行ない、

前記セカンダリ中継ノードのそれぞれは、そのそれぞれの検出データに基づいてそれぞれのチャンネル利用可能性パラメータを生成し、チャンネル利用可能性パラメータはそれぞれ、それぞれの前記チャンネル利用可能性パラメータを生成するために使用される検出データよりも小さいビット数の情報を具備し、

前記セカンダリ中継ノードのそれぞれは、そのそれぞれのチャンネル利用可能性パラメータを前記中継ノードへ送信し、

前記中継ノードは、それぞれの前記チャンネル利用可能性パラメータと、前記第 1 検出データとを合成することによって、セカンダリ中継ノードごとにそれぞれの検出結果を取得し、

前記中継ノードはさらに、前記それぞれの前記検出結果を前記ソースノードへ送信する請求項 1 から 10 のいずれか 1 項のシステム。

【請求項 13】

ネットワークにおける第 2 信号ノードと通信するための信号ノードであって、前記第 2 信号ノードは、前記第 2 信号ノードでの信号チャンネルの利用可能性を示す第 1 検出データを提供するために、無線スペクトルのエネルギー検出を行ない、前記第 1 検出データに基づいてチャンネル利用可能性パラメータを生成し、前記チャンネル利用可能性パラメータは、前記第 1 検出データよりも少ないビットの情報を具備し、

前記信号ノードは、前記信号ノードでの信号チャンネルの利用可能性を示す第 2 検出データを提供するために、無線スペクトルのエネルギー検出を行ない、

前記信号ノードは、前記チャンネル利用可能性パラメータを前記第 2 信号ノードから受信し、検出結果を取得するために、前記チャンネル利用可能性パラメータと、前記第 2 検出デ

10

20

30

40

50

ータとを合成し、前記検出結果は、前記信号チャネルを使用して情報が前記信号ノードと前記第2信号ノードとの間で交換されるかどうかを判定するために使用される、信号ノード。

【請求項14】

ネットワークにおける第2信号ノードと通信するための信号ノードであって、前記第2信号ノードは、前記第2信号ノードでの信号チャネルの利用可能性を示す第1検出データを提供するために、無線スペクトルのエネルギー検出を行ない、検出結果を取得するために、信号ノードから受信される情報と、前記第1検出データとを合成し、前記検出結果は、信号チャネルにわたって情報が前記信号ノードと前記第2信号ノードとの間で交換されるかどうかを決定するために使用され、

10

前記信号ノードは、前記信号ノードでの信号チャネルの利用可能性を示す第2検出データを提供するために、無線スペクトルのエネルギー検出を行ない、前記第2検出データに基づいてチャネル利用可能性パラメータを生成し、前記チャネル利用可能性パラメータは、前記第2検出データよりも少ないビットを具備し、

前記信号ノードは、前記検出結果を得るために、前記第1検出データと合成される前記第2信号ノードへ前記チャネル利用可能性パラメータを送信する、信号ノード。

【請求項15】

ネットワークにおいて、ソースノードから中継ノードへメッセージ情報を送信するかどうかを決定する方法であって、

前記中継ノードでの信号チャネルの利用可能性を示す量子化された第1検出データを提供するために、前記中継ノードでの無線スペクトルのエネルギー検出を行なうことと、

20

前記ソースノードでの信号チャネルの利用可能性を示す量子化された第2検出データを提供するために、前記ソースノードでの無線スペクトルのエネルギー検出を行なうことと、

前記中継ノードまたは前記ソースノードそれぞれに関するチャネル利用可能性パラメータを生成するために、前記第1検出データまたは第2検出データを使用することと、該チャネル利用可能性パラメータは、前記チャネル利用可能性パラメータを生成するために使用される前記第1検出データまたは前記第2検出データのどちらかよりも小さいビット数の情報を具備し、

前記チャネル利用可能性パラメータを生成するために使用される前記ソースノードまたは前記中継ノードのどちらか一方から、前記ソースノードまたは前記中継ノードの他方へ、前記チャネル利用可能性パラメータを送信することと、

30

前記チャネル利用可能性パラメータと、前記チャネル利用可能性パラメータを生成するために使用されない前記第1または第2の検出データのどちらかと、をそれぞれ前記中継ノードまたは前記ソースノードで合成することによって、検出結果を取得することと、

前記検出結果に基づいて、前記ソースノードから前記中継ノードへ、メッセージ情報を送るかどうかを決定することと、を具備する方法。

【請求項16】

前記チャネル利用可能性パラメータは前記第1検出データを使用して生成され、前記チャネル利用可能性パラメータは中継ノードからソースノードへ送信され、

40

前記検出結果は、前記チャネル利用可能性パラメータと、前記第2検出データとを合成することによって取得される請求項15の方法。

【請求項17】

前記チャネル利用可能性パラメータは、前記第2検出データを使用して生成され、前記チャネル利用可能性パラメータは前記ソースノードから前記中継ノードへ送信され、

前記検出結果は、前記チャネル利用可能性パラメータと、前記第1検出データとを合成することによって取得され、

前記検出結果は前記中継ノードから前記ソースノードへ送信される請求項15の方法。

【請求項18】

複数の時間間隔にわたって前記ソースノードと前記中継ノードでの前記エネルギー検出

50

を繰り返し、それによって複数の時間間隔のそれぞれ1つの間にそれぞれ第1検出データ及び第2検出データを提供することと、

前記ソースノード及び複数の中継ノードに関するそれぞれnビット検定統計量を生成することと、

前記検定統計量は、それぞれの時間間隔で検出される平均エネルギーに基づいていて、

前記検定統計量の値に基づいて前記チャンネル利用可能性パラメータを生成することと、を具備し、

前記チャンネル利用可能性パラメータを生成するために使用されるビット数はnより小さい、請求項15から17のいずれか1項の方法。

【請求項19】

10

前記検出結果は、前記チャンネル利用可能性パラメータと、前記チャンネル利用可能性パラメータを生成しない前記ソースノード及び中継ノードのうちのどちらかの検定統計量と、を合成することによって取得される請求項18の方法。

【請求項20】

前記チャンネル利用可能性パラメータで使用されるビット数は、前記チャンネル利用可能性パラメータを生成するノードによって検出されるエネルギーに依存する請求項15から19のいずれか1項の方法。

【請求項21】

前記チャンネル利用可能性パラメータを生成するために使用されるノードでの第1エネルギー閾値を定義することを具備し、

20

前記チャンネル利用可能性パラメータを生成するために使用される検定統計量が第1閾値よりも大きい場合に、前記チャンネル利用可能性パラメータでのビット数は第1値に設定され、

前記チャンネル利用可能性パラメータを生成するために使用される前記検定統計量が前記第1閾値よりも小さい場合に、前記チャンネル利用可能性パラメータでのビット数は第2値に設定される請求項20の方法。

【請求項22】

前記チャンネル利用可能性パラメータを生成するために使用される前記ノードでの第1エネルギー閾値及び第2エネルギー閾値を定義することを具備し、前記第2エネルギー閾値は前記第1エネルギー閾値よりも高く、

30

前記チャンネル利用可能性パラメータを生成するために使用される前記検定統計量が、前記第1閾値よりも小さいか、または前記第2閾値よりも大きい場合に、前記チャンネル利用可能性パラメータでのビット数は第1値に設定され、

前記チャンネル利用可能性パラメータを生成するために使用される前記検定統計量が、前記第1閾値と前記第2閾値との間にある場合には、前記チャンネル利用可能性パラメータでのビット数は第2値に設定される請求項21に記載の方法。

【請求項23】

前記第2値は前記第1値より大きい請求項22の方法。

【請求項24】

前記第1エネルギー閾値及び前記第2エネルギー閾値は可変閾値である請求項22または23の方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書で説明する実施形態は、無線ネットワークにおける連携検出(cooperative sensing)のための方法及びシステムに一般に関連する。

この出願は、2012年1月16日にファイルされた英国特許出願第1200711.8号からの優先権の利益に基づき、かつ利益を要求する。それらの全内容は、参照によってここに組込まれる。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

コグニティブ無線（CR）は無線スペクトルの効率的な使用を促進する有望な技術である。コグニティブ無線システムでは、無免許のユーザ（セカンダリユーザ）は、使用権が認められているユーザ（プライマリユーザ）によってスペクトルが用いられていない場合、プライマリユーザに予め割り当てられているスペクトルを用いることができる。

【 0 0 0 3 】

いくつかのコグニティブ無線システムにおいて、セカンダリユーザがプライマリユーザに予め割り当てられるスペクトルリソースにアクセスしようとする場合、第2ユーザは、まずスペクトルを検出しそして、検出結果に応じてスペクトルにアクセスする。セカンダリリンクの送信を維持することと同様に、プライマリ送信の優先度を保証するために、理想的には、セカンダリユーザは、限定された検出期間内に正確で信頼できる検出能力を持っている必要がある。特に、より低いフォールスアラーム確率がより良い日和見的アクセス（opportunistic access）をセカンダリユーザに提供し、より高い保護レベル（プロテクションレベル）をプライマリシステムに利用可能にするために、より高い検出確率が望まれる。

【 0 0 0 4 】

連携した中継（cooperative relaying）は、起点ノード（ソースノードsource node）と宛先ノード（デスティネーションノードdestination node）との間の送信の信頼性を著しく改善することができる、よく知られた技術である。ネットワークを中継する際に、ソースノードは、1あるいは複数のホップを通してデスティネーションへ情報を配信するために、中継ノードと呼ばれる、1あるいは複数の中間ノードによって支援される。異なる中継の（連携した）プロトコルは、中継ノードがどのように、その受信信号を処理するか、そして別の中継あるいはデスティネーションへそのような処理された信号を転送するかを考慮して研究されている。そのような中継プロトコルは、増幅及び転送（amplify-and-forward(AF））、デコード及び転送（decode-and-forward(DF)）、圧縮及び転送（compress-and-forward(CF)）を含んでいる。

【 0 0 0 5 】

本明細書で説明する実施形態は、情報フィードバックの点から、検出性能と複雑さとの間でのトレードオフを達成する、コグニティブ中継システムのための連携スペクトル検出方法を提供してもよい。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 6 】

実施形態は、今、以下の添付図面を参照して一例として記述される。

【 図 1 】 図 1 は、コグニティブ無線ネットワークにおける従来の検出スキームの概略図である。

【 図 2 】 図 2 は、実施形態に従う情報検出スキームの概略図である。

【 図 3 】 図 3 は、検出情報が各ノードによって得られ、フュージョンセンターに中継される従来の多重閾値検出スキームを示す。

【 図 4 a 】 図 4 a は、実施形態による情報検出スキームを示す。

【 図 4 b 】 図 4 b は、実施形態による情報検出スキームを示す。

【 図 5 】 図 5 は、実施形態に従って、中継ノードによって行なわれる情報検出処理のフローチャートを示す。

【 図 6 】 図 6 は、実施形態に従って、ソースノードによって行なわれる情報検出処理のフローチャートを示す。

【 図 7 】 図 7 は、実施形態ごとの異なるSNR環境の下での性能比較を示す。

【 図 8 】 図 8 は、実施形態による検出スキームにおける不確定領域のサイズを変える場合、検出性能へ与える影響を示す。

【 図 9 】 図 9 は、本明細書で説明する実施形態による3つの検出スキーム間のシグナリングコスト比較を示す。

【 図 1 0 】 図 1 0 は、本明細書で説明する実施形態において検出情報に用いられたビット

10

20

30

40

50

数の関数としてシグナリングコストを示す。

【発明を実施するための形態】

【0007】

第1実施形態は、ソースノードと中継ノードとを具備するシステムを具備し、
 中継ノードは、中継ノードで信号チャネルの利用可能性を示す第1検出データを提供する無線スペクトルのエネルギー検出を行なうように構成され、
 ソースノードは、ソースノードで信号チャネルの利用可能性を示す第2検出データを提供する無線スペクトルのエネルギー検出を行なうように構成され、
 ソースノードと中継ノードとのどちらかはそれぞれ、第1または第2の検出データに基づいて、チャネル利用可能性パラメータを生成するように構成され、
 チャネル利用可能性パラメータは、チャネル利用可能性パラメータを生成するために使用される第1または第2の検出データのどちらよりも、より少ないビット数の情報を具備し、
 ソースノードは、チャネル利用可能性パラメータと、チャネル利用可能性パラメータを生成するために使用されない第1及び第2の検出データのうちのどちらかと、を合成することによって得られる検出結果に基づいて、メッセージ情報を中継ノードへ送信するかどうかを判定するように構成されている。

10

【0008】

第1及び第2の検出データはソフト検出情報 (soft sensing information) (つまり非常に正確に量子化された情報) を具備してもよい。チャネル利用可能性パラメータは、さらに量子化された情報を具備してもよい；しかしながら、チャネル利用可能性パラメータにおける情報のビット数は、第1または第2の検出データのどちらかのビット数よりは少なくともよい。

20

【0009】

いくつかの実施形態では、中継ノードは、第1検出データに基づいて、チャネル利用可能性パラメータを生成し、かつチャネル利用可能性パラメータをソースノードに送信するように構成される。ソースノードは、チャネル利用可能性パラメータと第2検出データとを合成することにより、検出結果を得るように構成されてもよい。

【0010】

いくつかの実施形態では、ソースノードは、第2検出データに基づいて、チャネル利用可能性パラメータを生成し、かつ中継ノードへチャネル利用可能性パラメータを送信するように構成される。中継ノードは、チャネル利用可能性パラメータと第1検出データとを合成することにより、検出結果を得るように構成されてもよい。中継ノードは、ソースノードへ検出結果を送信するように構成されてもよい。

30

【0011】

いくつかの実施形態では、ソースノードと中継ノードとは複数の時間間隔にわたりエネルギー検出を繰り返し、それによって、複数の時間間隔のうちのそれぞれの間でそれぞれの第1及び第2の検出データを提供するように構成される。ソースノード及び中継ノードは各々、各時間間隔において検出された平均エネルギーに基づいて、それぞれのnビット検定統計量を生成するように構成されてもよい。検定統計量は、ソースノード及び中継ノードそれぞれで信号チャネルの利用可能性を示してもよい。チャネル利用可能性パラメータは、検定統計量の値に基づいて生成されてもよい。チャネル利用可能性パラメータを生成するために用いられるビット数は、n未満でもよい。

40

【0012】

いくつかの実施形態では、ソースノードは、チャネル利用可能性パラメータと、チャネル利用可能性パラメータを生成しないソース及び中継のノードのうちのどちらかの検定統計量とを合成することによって得られる検出結果に基づいて、メッセージ情報を中継ノードへ送信するかどうかを判定するように構成されている。

【0013】

いくつかの実施形態では、チャネル利用可能性パラメータにおいて用いられるビット数

50

は、チャンネル利用可能性パラメータを生成するノードによって生成された検定統計量の大きさに依存する。

【 0 0 1 4 】

いくつかの実施形態では、チャンネル利用可能性パラメータを生成するために用いられるノードは、第1エネルギー閾値を定義する。チャンネル利用可能性パラメータを生成するために用いられる検定統計量が第1閾値よりも大きい場合、チャンネル利用可能性パラメータにおけるビット数は第1値に設定されてもよい。チャンネル利用可能性パラメータを生成するために用いられる検定統計量が第1閾値未満である場合、チャンネル利用可能性パラメータにおけるビット数は第2値に設定されてもよい。

【 0 0 1 5 】

いくつかの実施形態では、チャンネル利用可能性パラメータを生成するために用いられるノードは、第1及び第2のエネルギー閾値を定義し、第2エネルギー閾値は、第1エネルギー閾値より高い。チャンネル利用可能性パラメータを生成するために用いられる検定統計量が、第1閾値よりも小さいか、または第2閾値より大きい場合には、チャンネル利用可能性パラメータでのビット数は第1値に設定されてもよい。チャンネル利用可能性パラメータを生成するために用いられる検定統計量が第1閾値と第2閾値との間にある場合、チャンネル利用可能性パラメータにおけるビット数は第2値に設定されてもよい。

【 0 0 1 6 】

いくつかの実施形態では、第2値は第1値より大きい。

【 0 0 1 7 】

いくつかの実施形態では、第1及び第2の閾値を、チャンネル利用可能性パラメータを生成するために用いられるノードによって変えることができる。

【 0 0 1 8 】

いくつかの実施形態では、システムは複数のセカンダリ中継ノードを具備してもよく、中継ノードは、セカンダリ中継ノードの各々を持ったそれぞれの1組のノードを形成し、

ソースノードは、第2検出データに基づいてチャンネル利用可能性パラメータを生成し、かつチャンネル利用可能性パラメータを中継ノードに送信するように構成され、

セカンダリ中継ノードのそれぞれは、セカンダリ中継ノードそれぞれで信号チャンネルの利用可能性を示す検出データを提供するために、無線スペクトルのエネルギー検出を行なうように構成され、

セカンダリ中継ノードのそれぞれは、そのそれぞれの検出データに基づいてそれぞれのチャンネル利用可能性パラメータを生成するように構成され、

チャンネル利用可能性パラメータはそれぞれ、それぞれのチャンネル利用可能性パラメータを生成するために用いられる検出データよりも小さいビット数の情報を具備し、

セカンダリ中継ノードのそれぞれは、そのそれぞれのチャンネル利用可能性パラメータを中継ノードへ送信するように構成され、

中継ノードは、それぞれのチャンネル利用可能性パラメータと第1検出データとを合成することによって、それぞれのセカンダリ中継ノードに関するそれぞれの検出結果を得るように構成され、

中継ノードは、それぞれの検出結果をソースノードへ送信するようにさらに構成される。

【 0 0 1 9 】

別の実施形態は、複数の中継ノードを具備するシステムを提供し、ソースノードは、中継ノードのそれぞれを有するそれぞれ1組のノードを形成し、

各組のノードについて：

中継ノードは、中継ノードで信号チャンネルの利用可能性を示す第1検出データを提供する無線スペクトルのエネルギー検出を行なうように構成され、

ソースノードは、ソースノードで信号チャンネルの利用可能性を示す第2検出データを提供する無線スペクトルのエネルギー検出を行なうように構成され、

10

20

30

40

50

ソースノード及び中継ノードのうち的一方はそれぞれ、第1または第2の検出データに基づいて、チャンネル利用可能性パラメータを生成するように構成され、

チャンネル利用可能性パラメータは、チャンネル利用可能性パラメータを生成するために使用される第1または第2の検出データのどちらよりも小さなビット数の情報を具備し、

ソースノードは、チャンネル利用可能性パラメータと、チャンネル利用可能性パラメータを生成するために使用されない第1及び第2の検出データのうちのどちらかと、を合成することによって得られる検出結果に基づいて、メッセージ情報を中継ノードへ送信するかどうかを判定するように構成されている。

【0020】

別の実施形態は、ネットワークにおける第2信号ノードと通信するための信号ノードを提供し、第2信号ノードは、第2信号ノードでの信号チャンネルの利用可能性を示す第1検出データを提供するために、無線スペクトルのエネルギー検出を行なうように構成され、そして第1検出データに基づいてチャンネル利用可能性パラメータを生成するように構成され、チャンネル利用可能性パラメータは第1検出データよりも少ないビットの情報を具備し、

信号ノードは、信号ノードでの信号チャンネルの利用可能性を示す第2検出データを提供するために、無線スペクトルのエネルギー検出を行なうように構成され、

信号ノードは、第2信号ノードからチャンネル利用可能性パラメータを受信し、そして検出結果を得るためにチャンネル利用可能性パラメータと第2検出データとを合成するように構成され、情報が、信号チャンネルを使用して信号ノードと第2信号ノードとの間で交換される予定のものであるかどうかを判定するために、検出結果は使用される。

【0021】

別の実施形態は、ネットワークでの第2信号ノードで通信するための信号ノードを提供し、第2信号ノードは、第2信号ノードでの信号チャンネルの利用可能性を示す第1検出データを提供するために、無線スペクトルのエネルギー検出を行なうように構成され、そして検出結果を得るために、信号ノードから受信される情報と、第1検出データとを合成するように構成され、検出結果は、情報が信号ノードと第2信号ノードとの間で信号チャンネルを通じて、交換される予定があるかどうかを判定するために使用され、

信号ノードは、信号ノードでの信号チャンネルの利用可能性を示す第2検出データを提供するために、無線スペクトルのエネルギー検出を行なうように構成され、第2検出データに基づいてチャンネル利用可能性パラメータを生成するように構成され、チャンネル利用可能性パラメータは、第2検出データよりも少ないビットを具備し、

信号ノードは、検出結果を得るために、チャンネル利用可能性パラメータを、第1検出データと合成される第2信号ノードへ送信するように構成される。

【0022】

別の実施形態は、ネットワークにおいて、ソースノードから中継ノードへメッセージ情報を送信するかどうかを判定する方法を提供し、

その方法は、

中継ノードでの信号チャンネルの利用可能性を示す第1検出データを提供するために、中継ノードでの無線スペクトルのエネルギー検出を行なうことと、

ソースノードでの信号チャンネルの利用可能性を示す第2検出データを提供するために、ソースノードでの無線スペクトルのエネルギー検出を行なうことと、

中継ノードまたはソースノードのためのチャンネル利用可能性パラメータをそれぞれ生成するために、第1または第2の検出データを用いることと、

ここで、チャンネル利用可能性パラメータは、チャンネル利用可能性パラメータを生成するために使用される第1または第2の検出データのどちらよりも小さいビットの情報を具備し、

チャンネル利用可能性パラメータを生成するために使用されるソースまたは中継のノードのあるものから、ソースまたは中継のノードの他のものまで、チャンネル利用可能性パラメータを送信することと、

10

20

30

40

50

チャンネル利用可能性パラメータと、チャンネル利用可能性パラメータを生成するためには用いられない第1または第2の検出データのどちらかと、を合成することによって検出結果を得ることと、

検出結果に基づいて、ソースノードから中継ノードへメッセージ情報を送信するかどうかを判定することと、を具備する。

【0023】

いくつかの実施形態では、チャンネル利用可能性パラメータは、第1検出データを用いて生成され、チャンネル利用可能性パラメータは、中継ノードからソースノードへ送信される。検出結果は、チャンネル利用可能性パラメータと、第2検出データと、を合成することによって得られてもよい。

10

【0024】

いくつかの実施形態では、チャンネル利用可能性パラメータは第2検出データを用いて生成される。チャンネル利用可能性パラメータは、ソースノードから中継ノードへ送信されてもよい。検出結果は、チャンネル利用可能性パラメータと、第1検出データと、を合成することによって得られてもよい。検出結果は、中継ノードからソースノードへ送信されてもよい。

【0025】

いくつかの実施形態では、ソースノードと中継ノードでのエネルギー検出は、複数の時間間隔にわたって繰り返され、それによって複数の時間間隔のそれぞれの間に、それぞれ第1及び第2の検出データを提供する。それぞれのnビット検定統計量は、ソースノードと中継ノードに関して生成されてもよく、検定統計量は各時間間隔において検出された平均エネルギーに基づく。チャンネル利用可能性パラメータは、検定統計量の値に基づいて生成されてもよい。チャンネル利用可能性パラメータを生成するために用いられるビット数は、n未満である。

20

【0026】

いくつかの実施形態では、検出結果は、チャンネル利用可能性パラメータと、チャンネル利用可能性パラメータを生成しないソース及び中継のノードのどちらかの検定統計量と、を合成することによって得られる。

【0027】

いくつかの実施形態では、チャンネル利用可能性パラメータにおいて用いられるビット数は、チャンネル利用可能性パラメータを生成するノードによって検出されたエネルギーに依存する。

30

【0028】

いくつかの実施形態では、第1エネルギー閾値は、チャンネル利用可能性パラメータを生成するために用いられるノードで定義されてもよい。チャンネル利用可能性パラメータを生成するために用いられる検定統計量が第1の閾値より大きい場合、チャンネル利用可能性パラメータにおけるビット数は第1値に設定されてもよい。チャンネル利用可能性パラメータを生成するために用いられる検定統計量が第1閾値未満である場合、チャンネル利用可能性パラメータにおけるビット数は第2値に設定されてもよい。

【0029】

40

いくつかの実施形態では、第1及び第2のエネルギー閾値は、チャンネル利用可能性パラメータを生成するために用いられるノードで定義されてもよく、第2エネルギー閾値は第1エネルギー閾値より高い。チャンネル利用可能性パラメータを生成するために使用される検定統計量が第1閾値よりも小さい、または第2閾値よりも大きい場合、チャンネル利用可能性パラメータでのビット数は第1値に設定されてもよい。チャンネル利用可能性パラメータを生成するために使用される検定統計量が第1閾値と第2閾値との間にある場合、チャンネル利用可能性パラメータにおけるビット数は第2値に設定されてもよい。

【0030】

いくつかの実施形態では、ソースノードと中継ノードは、ソース及び中継のノードがセカンダリネットワークシステムとしてデスティネーションノードと共に動作するコグニテ

50

ィブ中継システムの一部を形成する。ソースノードが、信号を送信することができる前に、スペクトル利用可能性のかなり正確な情報を得ることは望ましい可能性がある。セカンダリネットワークにおける他の全てのノードは、中継になる可能性がある。これらの中継ノードは、さらにスペクトル検出の能力を持つ。また、情報はソースノードでの検出性能を改善するために、有用であり得る。複数の中継ノードで得られた検出情報は、必要とされるフィードバックの量を減少させるために、例えば、量子化され、ソースノードへチャンネル利用可能性パラメータとして送信される。一方、ソースノード自体において保存される検出情報の純粋にソフトなバージョンがまだある。その後、そのような情報は、グローバル判定がいつなされるかという利点を得ることができる。

【0031】

実施形態は、スペクトル検出の性能を向上させるために、そのようなソフト情報を利用することができる。本発明の実施形態は、向上した検出性能を達成し、同時にソースノードと中継ノードとの間で送信されなければならない情報のビット数を減少させるために、中継ノード及びソースノードのどちらかからチャンネル利用可能性パラメータの形式での量子化された検出情報と、ソースノード及び中継ノードの他の1つからソフト検出情報と、を合成する。

【0032】

いくつかの実施形態では、ソースノードは、デスティネーションノードへメッセージを発するために用いられてもよい。他のセカンダリユーザと同様にプライマリシステムへの干渉をもたらさないようにするために、デスティネーションノードにデータを送ることができる前に、ソースノードがチャンネルの使用法についての知識を持っていることが望ましい。ネットワークにおける他の全てのノードは、中継ノードになる可能性がある。さらに、それらはスペクトルを感知することができる。また、検出情報をソースノードにわたすことができる。

【0033】

図1は、従来のコグニティブ無線ネットワークにおける検出情報処理を示す。図1に示される配置では、ソースノード1は、1以上の中継ノード5a、5b、5cを介してデスティネーションノード3へ情報を送信するために使用される。矢印7a、7b、7c及び7dによって示されるように、複数の中継ノード及びソースノードは各々、フュージョンセンター9へ検出情報を中継する。ソースノードと複数の中継ノードとから受信される情報に基づいて、フュージョンセンター9は、グローバル検出判定を実行する。矢印10によって示されるように、その結果はソースノードへ転送される。ソースノードは、データをデスティネーションノード3へ送信するために、どの中継ノードを用いるかを判定するために、グローバル判定の結果を用いてもよい。

【0034】

コグニティブ無線ネットワークにおけるセカンダリユーザの間での連携は、スペクトル検出のパフォーマンスを改善する。一般に、連携検出は、協力を介して空間の次元を生かす。したがって、それは、ユーザが悪いチャンネル動作条件を経験する確率を低減する。

【0035】

通常、コグニティブ無線ネットワークにおける連携検出で、異なる検出ノードからの検出情報(検定統計量)は、プライマリユーザがいるかどうかの最終の二者択一をするフュージョンセンターに送信される。一般的に言えば、検定統計量を送信する2つの方法がある: 1) 複数の検出ノードが純粋なソフト検出(非常に正確に量子化された)情報をフィードバックする; 2) 複数の検出ノードが数ビット(例えばローカル判定を示すための1ビット)を使用して量子化された情報をフィードバックだけする。その後、フュージョンセンターは、例えば多数決原理によってグローバル判定を行なう。第1フィードバック手法は、中継ノード数が大きい場合には特に、必要とするフィードバック情報の量から見れば複雑さを犠牲にして、改善された検出精度を提供する。第2手法は劣化した検出性能に悩まされる。

【0036】

10

20

30

40

50

コグニティブ無線ネットワークにおいて量子化された検出情報を用いる例が提案されている。例えば、量子化された軟判定合成を持った2重閾値機構を使用する手法が提案されている。2重閾値機構を、適応性のある閾値を用いることによりさらに改善することができる。別の例において、量子化処理を用いることを含んでいない2重閾値機構は提案されている；ここで、2つの閾値の間の「判定なし」領域が導入され、検出された観測結果がこの領域に該当する場合に、完全な情報が複数のノードからフュージョンセンターへ送信される。検出された観測結果が「判定なし」領域の外の領域に該当する場合は、1ビットのローカルの判定が送られる。

【0037】

クラスタに基づいた連携検出スキームは、それぞれのクラスタヘッドがそのローカル検出判定をフュージョンセンターへわたすことによって提案されている。フュージョンセンターは、その後クラスタレベル情報を集めて、複数のまたは全てのクラスタにわたって、ORルールをクラスタでの全ての判定に適用することによって、判定フュージョン関数に基づいてプライマリユーザが不在であるかどうかの判定を行なう。

【0038】

上記の例の各々では、フュージョンセンターはそれ自身感知する能力なしで提供されるが、単に意思決定処理を行なう。さらに、単純なフュージョンルール、例えばORルールはフュージョンセンターに適用される。

【0039】

図2は、本発明の特定の実施形態による検出情報スキームを示す。図2に示されるネットワークでは、ソースノード11は、いくつかの中継ノード15a、15b、15cのうちの1つを介して、情報をデスティネーションノード13へ送信する。

【0040】

矢印17a、17b及び17cによって示されるように、中継ノード15a、15b及び15cは、ソースノードへ、チャンネル利用可能性パラメータの形式で量子化された検出情報を送信する。ソースノードは、検出結果を生成するために、複数の中継ノードから受信したそれぞれのチャンネル利用可能性パラメータと、それ自身のソフト検出情報とを合成する。検出結果に基づいて、ソースノードは、デスティネーションノードへデータを送信するためにどの中継ノードを使用するかを決定することができる。

【0041】

コグニティブ中継ネットワークは、連携検出用のM個のノードを有していてもよい。これらのノードのうちの1つはソースノード S_1 として働いてもよく、残りの $M-1$ 個のノードは中継ノード R_m ($m=2, 3, \dots, M$)として働いてもよい。複数の中継ノードは、スペクトル検出を行ない、ソースノードへ、チャンネル利用可能性パラメータの形式で量子化された検出情報を送る。ソースノードはさらにスペクトル検出を行なう。それは、複数の中継ノードから受信された情報を逆量子化し(de-quantise)、スペクトルが利用可能かどうかについてのグローバル判定を行なうために、回復された情報と、それ自身の検出情報(ソフト情報)とを合成してもよい。

【0042】

エネルギー検出は、複数の中継ノードとソースノード用の検出スロットの間で、チャンネルを検出するために用いられてもよい。検出処理は、(γ_1 と γ_0 として表わされ)プライマリ送信の有りと無しとの間での2値仮説検定として定式化されてもよく、以下によって与えられる：

【数1】

$$H_1: y_m(n) = h_m s(n) + u_m(n) \quad (1)$$

$$H_0: y_m(n) = u_m(n) \quad (2)$$

【0043】

ここで、検出データ $y_m(n)$ は、m番目のセカンダリユーザ($m=1, 2, \dots, M$)

10

20

30

40

50

) によって受信された n 番目のサンプルであり、 $s(n)$ は、 s^2 の送信電力を有する検出スロットの間でのプライマリユーザによって送信された n 番目のシンボルであり、 $u_m(n)$ は、検出スロットの間での n 番目の雑音サンプルであり、それは、 0 の平均かつ u^2 の分散を有する独立の複素ガウシアンランダム変数であると仮定され、 $s(n)$ に依存しない。さらに、 h_m は、プライマリユーザの送信アンテナから m 番目のセカンダリユーザまでの複素チャネル係数を表わす。あるセカンダリユーザに関して (例えば、 m 番目のセカンダリユーザ)、 h_m は、 0 平均及び単位分散を有する複素ガウシアンランダム変数であり、 1 つの検出スロットの間不変である。

【0044】

いくつかの実施形態では、ソースノードと中継ノードによって得られた最初の (ソフト) 検出データは、ソースノードと中継ノードのためのそれぞれの検定統計量を生成するために用いられてもよい。 n が予め設定されたビット数である場合、検定統計量はそれぞれ、単一の n ビット値として複数のノードによって検出されたエネルギーを表わしてもよい。検定統計量は、予め設定された時間間隔数にわたって無線スペクトルを検出し、それぞれの時間間隔において検出された平均エネルギーを決定することによって生成されてもよい。その後、チャネル利用可能性パラメータにおけるビット数は、検定統計量の大きさによって決定されてもよい。チャネル利用可能性パラメータにおいて用いられるビット数は、 n 未満でもよい。

10

【0045】

例えば、各ノード (例えば m 番目のノード) によって用いられるエネルギー検出に関する検定統計量は、以下によって与えられてもよい：

20

【数2】

$$T_m(y) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |y_m(n)|^2 \quad (3)$$

【0046】

ここで $N = f_s$ は各検出スロット期間でのサンプル数であり、 f_s はサンプリング周波数である。

【0047】

図3は、検出情報が、各ノードによって得られ、フュージョンセンターへ中継される、従来の多重閾値検出スキームを示す。ノードごとに、閾値係数を参照することにより、そのノードによって検出された信号に関して、上下の閾値を定義することは可能である。図4aを参照して、2つの閾値間の領域は、 2 $_1$ として設定される。ここで、 $_1 =$ $_2 =$ $_1$ 及び $_1 =$ $_1$ である。2つの閾値間の領域は不確定領域と名付けられる。

30

【0048】

図3に示される従来のスキームでは、 m 個のノードの各々はその検出情報をフュージョンセンターへ送る。ここで、ローカルの検出判定 L_m は、 $T_m(y)$ を2つの閾値 $_1$ 及び $_2$ と比較することによりなされる。 $_2 < T_m(y) < _1$ の場合に、 m 番目の検出ノードは、フュージョンセンターへその検定統計量 $T_m(y)$ (k ビットシグナリングコスト (signaling cost)) を送る。 $T_m(y) > _1$ の場合に、 m 番目の検出ノードは、フュージョンセンターへ $_1$ (1 ビットシグナリングコスト) を報告する。 $T_m(y) < _2$ の場合に、 m 番目の検出ノードは、フュージョンセンターへ $_0$ (1 ビットシグナリングコスト) を報告する。フュージョンセンターは、例えば、 K 個の k ビット検定統計量と $(M - K)$ 個の1ビットローカル判定を受信する。その後、フュージョンセンターは、 K 個の k ビット検定統計量にしたがって上判定を下してもよく、上判定は以下で与えられる：

40

【数3】

$$D = \begin{cases} 0, & \frac{1}{K} \sum_{m=1}^K T_m(y) \leq \lambda \\ 1, & \frac{1}{K} \sum_{m=1}^K T_m(y) > \lambda \end{cases} \quad (4)$$

【0049】

ここで閾値設定判定基準に応じたターゲットフォールスアラーム確率またはターゲット検出確率に基づいて、 を決定することができる。

10

【0050】

その後、フュージョンセンターは、以下によって定義されるグローバル判定Gを行なってもよい：

【数4】

$$G = \begin{cases} 0, & \text{otherwise} \\ 1, & D + \sum_{m=1}^{M-K} L_m > 1 \end{cases} \quad (5)$$

【0051】

図4 a及び図4 bは、検定統計量復元処理が行なわれる特定の実施形態による情報検出スキームを示す。

20

【0052】

図4 aは、特定の実施形態による検出スキームにおいて用いられるような中継ノードの機能性を示す（この機能性のフローチャートは図5に示される）。中継ノードについては、同様の2重閾値は、図3に示される従来のスキームにおいて適用されたものにも選ばれる。しかしながら、図3に示される場合と異なり、中継ノードは、検定統計量を送る代わりに、ソースノードへチャンネル利用可能性パラメータを送る。特に、 $T_m(y) < \tau_1$ あるいは $T_m(y) < \tau_1$ の場合には、2ビットの量子化された情報チャンネル利用可能性パラメータ L_m （例えば01または10）が、中継ノードによってソースノードへ送られる。 $T_m(y) > \tau_1$ あるいは $T_m(y) > \tau_2$ の場合には、1ビットのローカル判定 L_m （例えば0または1）チャンネル利用可能性パラメータは、中継ノードによってソースノードへ送られる。

30

【0053】

図4 a及び図4 bに示されるスキームはさらに、提案されるスキームのソースノードがフュージョンセンターとして動作するだけでなく、検出タスクを実行する検出ノードとしても動作する、図3に示される従来の検出スキームとは異なる。ソースノードは、グローバル判定を行なうために、それ自身の検定統計量と、複数の中継ノードによって受信される検出情報と、を合成してもよい。

【0054】

図4 bは、特定の実施形態による検出スキームにおいて用いられるようなソースノードの機能性を示す。この機能性のフローチャートも図6に示される。従来の連携的なスペクトル手法では、全ての検出ノードからの2ビットの量子化された情報は、フュージョンセンターによって整数値として要約され、閾値と比較される。対照的に、図4 bに示される実施形態では、ソースノードは、中継ノードから受信されるチャンネル利用可能性パラメータを逆量子化し、かつ各中継ノードについて検定統計量 $T_m^r(y)$ を再構築するために用いられる。

40

【0055】

図4 bに示されるように、ソースノードによって行なわれる検定統計量復元処理は、復元領域 $\tau_2 =$ と共に、ソースノード側で新しい閾値係数 を導入することにより実現される。したがって、m番目の中継ノードに関する再構築された検定統計量は、以下で与

50

えられる：

【数5】

$$T_m^r(y) = \begin{cases} \frac{\lambda_3 + \lambda_2}{2}, & L_m = 0 \\ \frac{\lambda_2 + \lambda}{2}, & L_m = 01 \\ \frac{\lambda + \lambda_1}{2}, & L_m = 10 \\ \frac{\lambda_1 + \lambda_0}{2}, & L_m = 1 \end{cases} \quad (6)$$

10

【0056】

ここで、 $m = 2, \dots, M$ 、また、2つのエッジ点は $\lambda_3 = \lambda_2$ 及び $\lambda_0 = \lambda_1 + \lambda_2$ として計算される。複数の中継ノードの全ての検定統計量を回復した後に、グローバル検出判定は次の検定統計量によるソースノードによってなされてもよい：

【数6】

$$T(y) = g_1^2 T_1(y) + \sum_{m=2}^M g_m^2 T_m^r(y) \quad (7)$$

20

【0057】

ここで g_m は m 番目のノード用の重み係数であり、等利得合成に関しては、以下になる。

【数7】

$$g_m = g_1 = \frac{1}{\sqrt{M}}$$

【0058】

下記はソースノードの検定統計量であり、

【数8】

$$T_1(y) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |y_1(n)|^2$$

30

【0059】

ソースノードは、 $T(y)$ を閾値 τ と比較することによって、プライマリユーザが存在するかどうかについて決定する。

【0060】

提案された検定統計量復元処理もまた、従来のシステム構成（図1）において独立したフュージョンセンターによって実行されることが可能になる。ここで、グローバル検出判定はその後、独立したフュージョンセンターによってソースノードへわたされる。この提案された復元処理の互換性は、ハードウェア変更のない既存のシステムエンティティを再使用することを実現可能にする。その間に、それはシステム性能を改善する。

40

【0061】

上を見てもわかるように、シグナリングコストは、 $2 \times \lambda_1$ の不確定領域のサイズに依存する。したがって、各検出スロットの連携検出のシグナリングコストも計算することができる。

【0062】

まずはじめに、仮説 H_0 と H_1 の下で m 番目のノードに関して $\tau_m < T_m(y) < \tau_m + 1$ の確率は、以下のように定義される：

【数 9】

$$P_m^0 = P(\lambda_2 < T_m(y) \leq \lambda_1 | H_0) \quad (8)$$

$$P_m^1 = P(\lambda_2 < T_m(y) \leq \lambda_1 | H_1) \quad (9)$$

【0063】

従来の検出スキームについて、検定統計量 $T_m(y)$ がこの領域に該当する場合に、 k ビット検定統計量は検出ノードからフュージョンセンターまで送られる。複数の検出ノードとフュージョンセンターとの間で生成されるシグナリングコストは、以下のように計算することができる：

【数 10】

$$\Psi(P(H_1) + P(H_0) = 1) = \sum_{m=1}^M (kP_m + 1(1 - P_m)) \quad (10)$$

10

【0064】

ここで、

【数 11】

$$P_m = P_m^0 P(H_0) + P_m^1 P(H_1)$$

【0065】

値 k は k ビット検定統計量を表わし、値 1 は 1 ビットのローカル判定を示し、 $P(H_0)$ 、 $P(H_1)$ はそれぞれの仮説の事前確率である。より高い P_m がよりよい検出性能をもたらす可能性があるが、一方それはまたより重いシグナリングコストになることに注意する。

20

【0066】

本明細書で説明する実施形態において、ソースノードと中継ノードとの間で生成されたシグナリングコストは、以下のように計算されてもよい：

【数 12】

$$\Psi = \sum_{m=2}^M (2P_m + 1(1 - P_m)) \quad (11)$$

30

【0067】

フォールスアラーム P_{fa} の必要とされる確率が与えられて、異なる SNR 環境の下に誤検出 (missed detection) P_{md} の確率での検出性能は、計算することができる。結果は図 7 に示される。ここで図内のより低い誤検出確率を持った曲線は、よりよい検出性能を持ったシステムを示す。予想通りに、より高い SNR (例えば -7 dB) は、任意の P_{fa} に関してより低い P_{md} になる。同じ SNR 値で、スキームは、従来の多重閾値検出スキームよりも (より低い誤検出確率を持った) よりよい検出性能を提供する。図 7 はさらに、複数の中継ノードとソースノードとの間の最も高いシグナリングコストに相当する代償を払って、十分なソフトスキームを用いることにより、最良の検出性能が達成されることを示す。

40

【0068】

図 8 は、不確定領域のサイズを変える場合に検出性能への影響を示す。図 8 に示されるように、検出性能は、不確定領域のサイズを拡張することによって改善させることができる (例えば 0.015 から 0.05 に増加させることによって)。不確定領域のサイズを増加させることは、大量の検出情報が複数の中継ノードからソースノードへ送られるということの意味する。この背後にある理由は、検定統計量が不確定領域内にあるところで検定統計量をエンコードするために使用される情報のビット数が、不確定領域から外れる検定統計量をエンコードするために使用されるビット数を超える。不確定領域のサイズを拡張することは、検定統計量のより大きな割合が不確定領域以内にあることを意味する

50

。平均では、したがって、より高いビット数を有するチャネル利用可能性パラメータの数は増加する。

【0069】

もちろん、検出性能を向上させるために不確定領域を拡張することは、より大きなシグナリングコストを招く。それでもなお、 γ_1 の変更にかかわらず、本明細書で説明するある実施形態は、従来の多重閾値検出スキームよりも良い検出結果を提示することができる。なぜならば、従来の検出スキームは、検出性能の同じレベルに関して多大なシグナリングコストを必要とするからである。ソースノード及び中継ノード（そしてそれはチャネル利用可能性パラメータにおけるソフト情報をエンコードしない）の両方で完全なソフト情報を利用するスキームに関して、そのようなスキームは中継ノードでどんな判定を行なうことも含んでおらず、したがって、性能は不確定領域のサイズに依存しない。

10

【0070】

図9は、フォールスアラームのターゲットローカル確率 P_{fa_t} の関数として異なる検出スキームのシグナリングコスト（ $P(\gamma_1) + P(\gamma_0) = 1$ ）を示す。従来の多重閾値検出スキームについては、検定統計量 $T_m(y)$ が不確定領域（ $\gamma_2 < T_m(y) < \gamma_1$ ）に該当する場合に、検出情報シグナリングに使用されるビット数として $k = 6$ が設定される。仮説（ $P(\gamma_1)$ 、 $P(\gamma_0)$ ）の異なる事前確率の影響、及びシグナリングコスト上の不確定領域のサイズも示される。図9に示されるように、本明細書で説明される（図9に「proposed」としてラベル付けられている）実施形態は、 $P(\gamma_1)$ 、 $P(\gamma_0)$ 及び不確定領域の異なる組合せに関して、（図9で「ref」とラベル付けされている）従来のスキームよりも低いシグナリングコストを持っている。ここで、全ての中継ノードによって受信される観測結果は、ローカル判定決定処理なしで（すなわち、チャネル利用可能性パラメータでエンコードされることなく）直接ソースノードへ返送されるので、十分なソフトスキームのシグナリングコストが、 P_{fa_t} の変動にかかわらず一定であることは、注意されるべきである。

20

【0071】

言いかえれば、 P_{fa_t} の関連する閾値 γ は、十分なソフトスキームにおいて適用されない。

【0072】

予想通りに、仮説の同じ事前確率が与えられる場合、不確定領域（例えば $\gamma = 0.05$ ）の拡張は、従来の検出スキームと記述される実施形態との両方に関するより高いシグナリングコストをもたらす。しかしながら、本明細書で説明する実施形態によるスキームは、従来のスキームよりも低いシグナリングコストをまだ維持する。

30

【0073】

単位検出スロット当たり合計のシグナリングコスト C 上のシグナリングビット数 k の影響は、図10に示される。図10は、（固定された不確定領域（ $\gamma_2 < T_m(y) < \gamma_1$ ）がある）本発明の実施形態に従うスキームに関して、 C は k における変化にかかわらず変わらないことを示す。この理由は、不確定領域におけるチャネル利用可能性パラメータに2ビットだけが割り当てられるということである。

【0074】

予想通りに、十分なソフトスキームは最も重いシグナリングコスト（ $C = Mk$ ）を必要とする。従来の2重閾値検出スキーム（図10では「Ref」とラベル付けされている）に関して生じるシグナリングコストはまた k が増加すると共に増加する。本明細書で説明される実施形態に従うスキームは、完全なソフトかつ従来の2重閾値検出スキームに比較して、最低のシグナリングコストを持っている。その一方で、図7で確認されるように、説明される実施形態にしたがったスキームは、従来の2重閾値検出のスキームよりもより良い検出性能を提供する。

40

【0075】

したがって、十分なソフト連携検出スキーム及び従来の多重閾値検出スキームとの比較は、ある実施形態が、検出性能及び必要とするフィードバック量（すなわち、シグナリン

50

グコスト)の観点で利益を提供することができることを示している。

【0076】

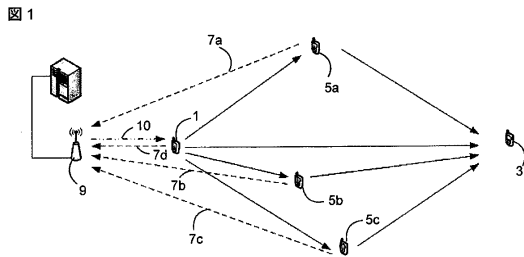
いくつかの実施形態は説明されているが、これらの実施形態はほんの一例として提示されており、発明の範囲を制限するようには意図されない。例えば、上記の議論が中継ノードがチャンネル利用可能性パラメータをソースノードへ送信する実施形態の方へ主として導かれている一方、ソースノードがその代わりに、チャンネル利用可能性パラメータを中継ノードへ送信してもよいことは他の実施形態においてあり得る。その後、中継ノードは例えば、チャンネル利用可能性パラメータと、それ自身の検定統計量と、を合成することにより、検出結果を得てもよい。そうすることは、資源の効果的利用、ハードウェア需要を考慮に入れること、及びソース及び中継のノードのバッテリー性能、を保證すること支援する可能性がある。例えば、ソースノードは限られたバッテリー寿命の残りまたは限られたハードウェア計算能力を有しているが、中継ノードがより大きな比率の複雑な計算を実行することは好ましい可能性がある。

10

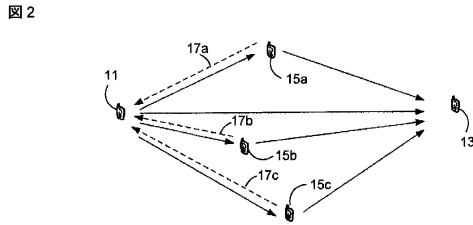
【0077】

実際は、本明細書で説明する新しい方法、デバイス及びシステムは、様々な形式で具体化されてもよい；さらに、本明細書で説明する方法及びシステムの形式での様々な省略、置換及び変更は、発明の精神から逸脱することなくなされてもよい。添付のクレーム及びその均等物は、発明の範囲及び精神の内にあるように、そのような形式あるいは変更をカバーするように意図される。

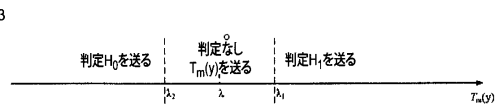
【図1】



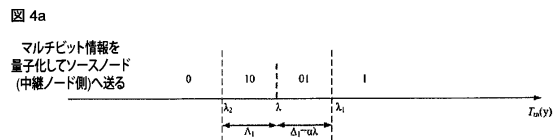
【図2】



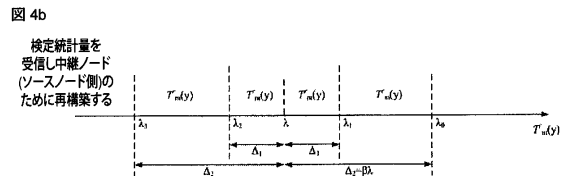
【図3】



【図4a】

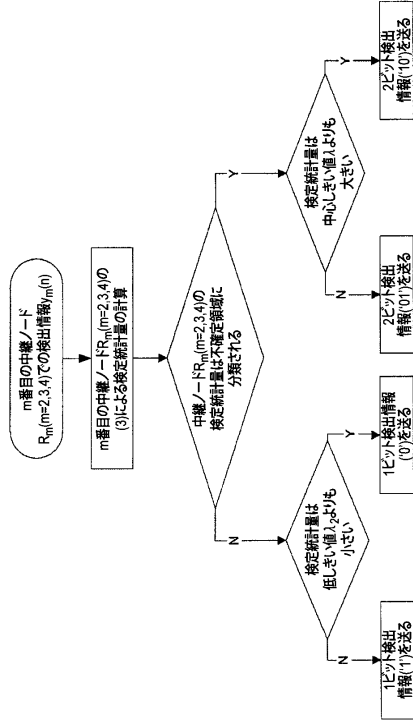


【図4b】



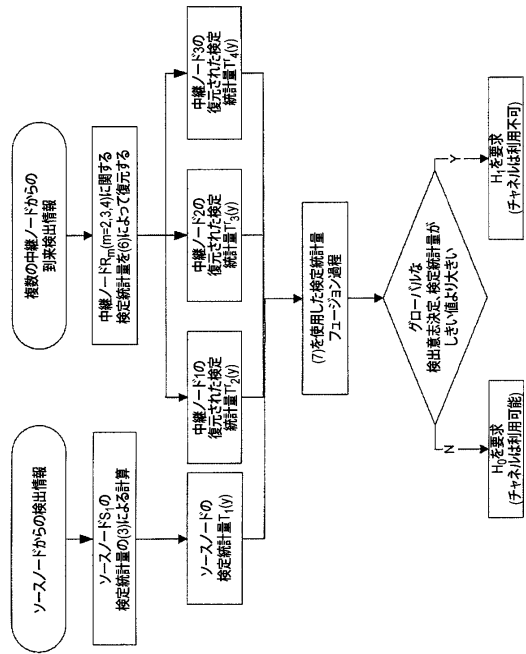
【 図 5 】

図 5



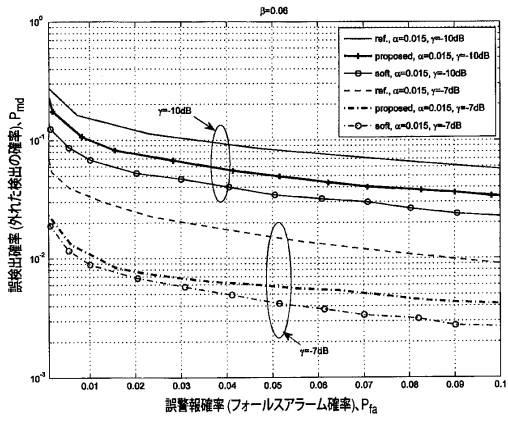
【 図 6 】

図 6



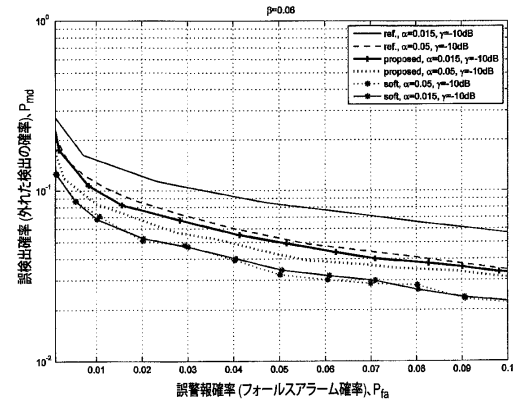
【 図 7 】

図 7

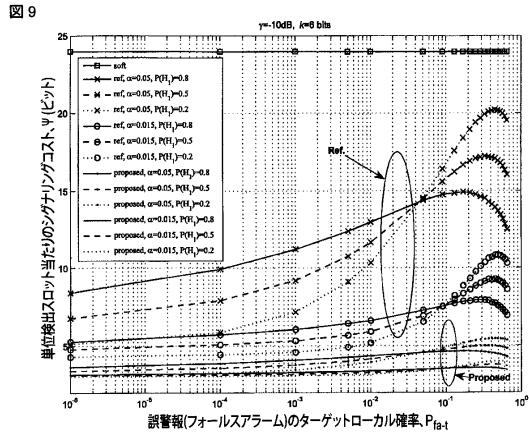


【 図 8 】

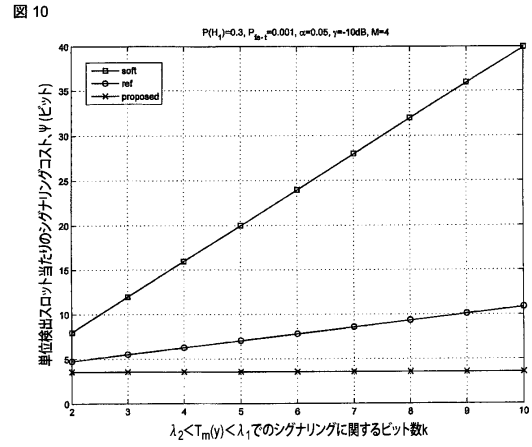
図 8



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克
- (74)代理人 100158805
弁理士 井関 守三
- (74)代理人 100172580
弁理士 赤穂 隆雄
- (74)代理人 100179062
弁理士 井上 正
- (74)代理人 100124394
弁理士 佐藤 立志
- (74)代理人 100112807
弁理士 岡田 貴志
- (74)代理人 100111073
弁理士 堀内 美保子
- (72)発明者 スティーブン・ワン
イギリス国、 ビーエス1・4エヌデー、 ブリストル、 クウィーンスクエア 32、 トーシ
バ・リサーチ・ヨーロッパ・リミテッド内
- (72)発明者 イェ・ワン
イギリス国、 ビーエス1・4エヌデー、 ブリストル、 クウィーンスクエア 32、 トーシ
バ・リサーチ・ヨーロッパ・リミテッド内

審査官 小林 正明

- (56)参考文献 特表2011-529656(JP,A)
国際公開第2010/056180(WO,A1)
特表2012-509009(JP,A)
特開2011-066895(JP,A)
特開2011-030049(JP,A)
特開2010-035170(JP,A)
特開2010-193433(JP,A)
特開2010-206780(JP,A)
国際公開第2011/144794(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04W 16/14
H04W 84/18
H04W 88/04