

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5078777号  
(P5078777)

(45) 発行日 平成24年11月21日(2012.11.21)

(24) 登録日 平成24年9月7日(2012.9.7)

(51) Int. Cl.		F I			
<b>HO4W 16/14</b>	<b>(2009.01)</b>	HO4Q	7/00	210	
<b>HO4W 24/06</b>	<b>(2009.01)</b>	HO4Q	7/00	243	
<b>HO4W 24/08</b>	<b>(2009.01)</b>	HO4Q	7/00	244	

請求項の数 7 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2008-171193 (P2008-171193)	(73) 特許権者	000004226
(22) 出願日	平成20年6月30日 (2008.6.30)		日本電信電話株式会社
(65) 公開番号	特開2010-11350 (P2010-11350A)		東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(43) 公開日	平成22年1月14日 (2010.1.14)	(74) 代理人	100064908
審査請求日	平成22年8月19日 (2010.8.19)		弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100108453
			弁理士 村山 靖彦
		(72) 発明者	芝 宏礼
			東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日 本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	松井 宗大
			東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日 本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線通信システム、協調センシング方法、及び、総合判定局装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

優先的に所定の共用周波数帯域を利用するプライマリシステムと、前記プライマリシステムが前記共用周波数帯域を利用していない場合に、前記共用周波数帯域を利用するセカンダリシステムとを備える無線通信システムにおいて、

前記セカンダリシステムは、

前記プライマリシステムによる前記共用周波数帯域の利用の有無を判定する総合判定局装置と、

前記共用周波数帯域による無線信号を検出する端末局装置とを備え、

前記総合判定局装置は、

前記共用周波数帯域を用いる無線信号をテスト信号として送信するテスト信号送信部と

、前記端末局装置から受信する前記テスト信号を検出したか否かを含むテスト信号検出結果に基づき、端末局装置ごとの信頼度情報を算出する信頼度算出部と、

前記端末局装置の位置情報と、前記信頼度情報とを対応付けて記憶する信頼度情報データベースと、

前記端末局装置からプライマリシステム検出信号を受信する受信部と、

前記プライマリシステム検出信号の受信に応じて、前記プライマリシステムの協調センシング開始要求を前記端末局装置に送信する協調センシング要求部と、

前記端末局装置から受信する協調センシング結果に対し、前記信頼度情報データベース

が記憶する信頼度情報で重み付けした値を算出し、前記プライマリシステムによる前記共用周波数帯域の利用の有無を判定する総合判定部とを備え、

前記端末局装置は、

前記総合判定局装置が送信する前記テスト信号、又は、前記プライマリシステムが送信する無線信号のいずれかである前記共用周波数帯域による無線信号の有無を検出する検出部と、

前記検出部による検出結果を前記総合判定局装置に応答する送信部とを備えることを特徴とする無線通信システム。

【請求項 2】

前記総合判定局装置の協調センシング要求部は、

前記プライマリシステム検出信号の送信元である端末局装置の位置情報に基づき、協調センシングの対象となる端末局装置を選択する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の無線通信システム。

【請求項 3】

前記総合判定局装置のテスト信号送信部は、

異なる送信電力により前記テスト信号を複数回数送信する

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 のいずれかに記載の無線通信システム。

【請求項 4】

前記端末局装置の前記検出部は、

前記共用周波数帯域による無線信号を検出した場合、受信した無線信号の受信レベルを検出し、

前記送信部が応答する前記検出結果は、

前記無線信号の有無の検出結果と前記検出部による受信レベルの検出結果とを含む検出結果であり、

前記総合判定局装置の前記信頼度算出部は、前記検出結果に含まれる受信レベルに基づいて、前記端末局装置ごとの信頼度情報を算出する

ことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の無線通信システム。

【請求項 5】

前記総合判定局装置の前記信頼度算出部は、

前記テスト信号の送信電力に応じた前記テスト信号の無線信号到達領域を算出し、前記端末局装置の前記位置情報が、算出した無線信号到達領域に含まれる位置であるか否かに基づき、判定対象の端末局装置の推定検出結果を判定し、

前記端末局装置から送信されるテスト信号検出結果と、前記推定検出結果とを比較することにより、誤検出確率の値と、誤警報確率の値とを算出し、この算出結果に基づき信頼度を算出する

ことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の無線通信システム。

【請求項 6】

優先的に所定の共用周波数帯域を利用するプライマリシステムと、前記プライマリシステムが前記共用周波数帯域を利用していない場合に、前記共用周波数帯域を利用するセカンダリシステムとを備える無線通信システムにおける協調センシング方法であって、

前記セカンダリシステムが備える総合判定局装置が、

前記共用周波数帯域を用いる無線信号をテスト信号として送信するテスト信号送信過程と、

前記端末局装置が、

前記総合判定局装置が送信する前記テスト信号である前記共用周波数帯域による無線信号の有無を検出するテスト信号検出過程と、

検出した検出結果を前記総合判定局装置に応答するテスト結果応答過程と、

前記総合判定局装置が、

セカンダリシステムが備える端末局装置から受信する前記テスト信号を検出したか否かを含むテスト信号検出結果に基づき、前記端末局装置ごとの信頼度情報を算出する信頼度

10

20

30

40

50

算出過程と、

前記端末局装置の位置情報と、前記信頼度情報とを対応付けて記憶領域に記憶する信頼度情報記憶過程と、

前記端末局装置が、

前記プライマリシステムが送信する前記共用周波数帯域による無線信号の有無を検出するプライマリシステム検出過程と、

検出した検出結果をプライマリシステム検出信号として前記総合判定局装置に応答するプライマリシステム検出通知過程と、

前記総合判定局装置が、

前記端末局装置からプライマリシステム検出信号を受信する受信過程と、

前記プライマリシステム検出信号の受信に応じて、前記プライマリシステムの協調センシング開始要求を前記端末局装置に送信する協調センシング要求過程と、

前記端末局装置が、

前記プライマリシステムが送信する前記共用周波数帯域による無線信号の有無を検出する協調センシング過程と、

検出した検出結果を協調センシング結果として前記総合判定局装置に応答する協調センシング結果通知過程と、

前記総合判定局装置が、

前記端末局装置から受信する協調センシング結果に対し、前記信頼度情報データベースが記憶する信頼度情報で重み付けした値を算出し、前記プライマリシステムによる前記共用周波数帯域の利用の有無を判定する総合判定過程と

を有することを特徴とする協調センシング方法。

#### 【請求項 7】

優先的に所定の共用周波数帯域を利用するプライマリシステムと、前記プライマリシステムが前記共用周波数帯域を利用していない場合に、前記共用周波数帯域を利用するセカンダリシステムとを備える無線通信システムにおいて、前記プライマリシステムによる前記共用周波数帯域の利用の有無を判定する総合判定局装置と、前記共用周波数帯域による無線信号を検出する端末局装置とを備える前記セカンダリシステムの総合判定局装置であって、

前記共用周波数帯域を用いる無線信号をテスト信号として送信するテスト信号送信部と

前記端末局装置から受信する前記テスト信号を検出したか否かを含むテスト信号検出結果に基づき、端末局装置ごとの信頼度情報を算出する信頼度算出部と、

前記端末局装置の位置情報と、前記信頼度情報とを対応付けて記憶する信頼度情報データベースと、

前記端末局装置からプライマリシステム検出信号を受信する受信部と、

前記プライマリシステム検出信号の受信に応じて、前記プライマリシステムの協調センシング開始要求を前記端末局装置に送信する協調センシング要求部と、

前記端末局装置から受信する協調センシング結果に対し、前記信頼度情報データベースが記憶する信頼度情報で重み付けした値を算出し、前記プライマリシステムによる前記共用周波数帯域の利用の有無を判定する総合判定部と

を備えることを特徴とする総合判定局装置。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本発明は、複数の無線通信システムが同一周波数帯域を共用して無線通信を行う場合の協調センシング処理における無線通信システム、協調センシング方法、及び、総合判定局装置に関する。

#### 【背景技術】

#### 【0002】

10

20

30

40

50

近年、複数の無線通信システムが同一周波数帯域を共用して無線通信を行う技術が提案されている。

例えば、優先的に帯域を利用するプライマリシステムと、セカンダリシステムとの2つのシステムが同一の周波数帯域を共用する場合、プライマリシステムが当該周波数帯域を利用していない場合にのみ、セカンダリシステムがこの周波数帯域を利用することができるコグニティブ無線技術がある。このようなコグニティブ無線では、セカンダリシステム側で、共用する周波数帯域をプライマリシステムが利用しているか否かを正確に判定することが重要となる。

#### 【0003】

このプライマリシステムによる周波数帯域の利用有無を検出する方法として、当該周波数帯域のエネルギーにより、プライマリシステムを検出するエネルギー検出法 (Energy detection) や、周波数帯域の周期定常性の特徴を利用したCyclostationary detectionなどの検出方法がある。非特許文献1には、エネルギー検出法による性能解析結果の一例が示されている。

#### 【0004】

また、例えば、セカンダリシステムに含まれる端末装置が、プライマリシステムによる周波数帯域の利用を検出した場合に、セカンダリシステム側の基地局等に通知し、この基地局がセカンダリシステム内の全端末装置に対して周波数センシングを指示して、その結果を用いて総合判定を行うことによる協調センシング技術が検討されている。

#### 【0005】

以下、複数の端末装置の検出結果を利用し、基地局や総合判定局が、プライマリシステムの周波数帯域利用の有無について判定を行う協調センシング技術について、図面を参照して説明する。なお、総合判定局は、単独で設置される場合や、基地局が総合判定局を兼ねる場合もある。図11は、このような協調センシングシステムの構成を示す図である。

図11において、プライマリシステム100aとセカンダリシステム200aとが所定の周波数帯域を共用している。また、セカンダリシステム200aは、基地局及び総合判定局としての総合判定局装置30aと、端末20a~29aとを有する。

#### 【0006】

セカンダリシステム200aにおいて、端末22aがプライマリシステム100aによる所定の周波数帯域による無線信号を検出した場合における協調センシングシステムの処理の流れを図12、図13、図14を用いて説明する。

図13は、端末22aにおけるプライマリシステム100aの信号検出時の処理フローである。端末22aは、プライマリシステム100aからの無線信号を検出すると(ステップS2201)、プライマリシステム100aからの無線信号を検出したことを通知するプライマリシステム100a検出通知を総合判定局装置30aに送信する(ステップS2202)。

#### 【0007】

次に、総合判定局装置30aにおける処理の流れを説明する。図12は、総合判定局装置30aが、端末20a~29aのいずれかにより、プライマリシステム100a検出通知を受信した場合における処理の流れを示す図である。

総合判定局装置30aは、端末22aからプライマリシステム100a検出通知を受信すると(ステップS3001)、協調センシングの開始を指示する協調センシング開始要求をセカンダリシステム200a内の端末20a~29aに送信する(ステップS3002)。図15は、セカンダリシステム200aの全ての端末20a~29aが協調センシングを実行した場合の協調センシングシステム全体を示す概念図である。

#### 【0008】

図12に戻り、総合判定局装置30aは、端末20a~29aから協調センシング結果を受信し(ステップS3003)、全端末装置から協調センシング結果を受信したか否かを判定する(ステップS3004)。総合判定局装置30aは、全端末装置からの協調センシング結果を受信するまで協調センシング結果の受信を待機し、全端末装置の協調セン

10

20

30

40

50

シング結果を受信した場合、受信した協調センシング結果に基づき、プライマリシステム 100a による所定の周波数帯域を利用した無線通信の有無を総合判定する（ステップ S3005）。

【0009】

次に、図12のステップS3002において総合判定局装置30aが送信する協調センシング開始要求を受信した際の端末20a～29aにおける処理の流れについて説明する。図14は、端末20a～29aにおける協調センシング処理の流れを示す図である。図14において、端末20a～29aは、協調センシング開始要求を受信すると（ステップS2211）、協調センシング処理として、プライマリシステム100aからの無線信号の有無の検出処理を実行する（ステップS2212）。端末20a～29aは、検出結果を協調センシング結果として総合判定局装置30aに送信する（ステップS2213）。

10

【0010】

セカンダリシステム200aにおいて、上述したように総合判定局装置30a、端末20a～29aが動作し、端末20a～29aは、プライマリシステム100aが所定の周波数帯域による無線通信を行っておらず、協調センシング処理の実行を行っていない時間帯において、所定の周波数帯域を利用した無線通信を行うこととなる。協調センシングシステムは、上述した手順により複数の端末装置の協調センシング結果を用いてプライマリシステムの存在の有無について判定を行う。

【非特許文献1】Qingchun Ren, Qilian Liang, " Performance Analysis of Energy Detection for Cognitive Radio Wireless Network " W A S A 2007, IEEE, pp. 139 - 146, Aug. 2007

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、端末装置間で協調センシングの方法、検出能力が必ずしも同一ではないため、検出結果の信頼度が等しいわけではない。また、例えば、図15のプライマリシステム100aからの無線信号到達範囲daに示すように、プライマリシステム100aが、セカンダリシステム200aのエリア全体を含むような送信電力により無線信号を送信するとは限らない。システム間の位置関係から、プライマリシステム100aの電波を受信する一部の端末装置のみである場合が多々あり、プライマリシステム100aからの無線信号到達範囲daに含まれない端末装置、例えば、端末24a～29aによる協調センシング結果は、総合判定局装置30aにおけるプライマリシステム100aの周波数帯域利用有無の判定に必ずしも必要ではない。

30

さらに、全端末装置に対してセンシングを指示することにより、プライマリシステムの電波を受信していない端末装置から応答され、この応答を用いて判定することにより、信頼性がさらに低下するという問題がある。

【0012】

また、端末20a～29aは、他の無線信号による干渉や減衰等の影響により、プライマリシステム100aの信号検出時に誤検出や、誤警報することがある。このような検出結果について、協調センシング時に全ての端末装置からの検出結果を同等の確度として総合判定を行うと、プライマリシステム100aにおける周波数帯域の利用有無において誤判定する可能性が高くなるという問題がある。

40

【0013】

本発明は、このような事情を考慮し、上記の問題を解決すべくなされたもので、その目的は、端末装置ごとの信号検出性能、センシング方法の差異による信号検出結果の信頼度に応じてプライマリシステムによる無線通信の有無を判定することができる無線通信システム、協調センシング方法、及び、総合判定局装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記問題を解決するために、本発明は、無線通信システムが、優先的に所定の共用周波

50

数帯域を利用するプライマリシステムと、前記プライマリシステムが前記共用周波数帯域を利用していない場合に、前記共用周波数帯域を利用するセカンダリシステムとを備える無線通信システムであって、前記セカンダリシステムが、前記プライマリシステムによる前記共用周波数帯域の利用の有無を判定する総合判定局装置と、前記共用周波数帯域による無線信号を検出する端末局装置とを備え、前記総合判定局装置が、前記共用周波数帯域を用いる無線信号をテスト信号として送信するテスト信号送信部と、前記端末局装置から受信する前記テスト信号を検出したか否かを含むテスト信号検出結果に基づき、端末局装置ごとの信頼度情報を算出する信頼度算出部と、前記端末局装置の位置情報と、前記信頼度情報とを対応付けて記憶する信頼度情報データベースと、前記端末局装置からプライマリシステム検出信号を受信する受信部と、前記プライマリシステム検出信号の受信に応じて、前記プライマリシステムの協調センシング開始要求を前記端末局装置に送信する協調センシング要求部と、前記端末局装置から受信する協調センシング結果に対し、前記信頼度情報データベースが記憶する信頼度情報で重み付けした値を算出し、前記プライマリシステムによる前記共用周波数帯域の利用の有無を判定する総合判定部とを備え、前記端末局装置が、前記総合判定局装置が送信する前記テスト信号、又は、前記プライマリシステムが送信する無線信号のいずれかである前記共用周波数帯域による無線信号の有無を検出する検出部と、前記検出部による検出結果を前記総合判定局装置に応答する送信部とを備えることを特徴とする無線通信システムである。

10

## 【0015】

また、本発明の無線通信システムは、前記総合判定局装置の協調センシング要求部が、前記プライマリシステム検出信号の送信元である端末局装置の位置情報に基づき、協調センシングの対象となる端末局装置を選択することを特徴とする。

20

## 【0016】

また、本発明の無線通信システムは、前記総合判定局装置のテスト信号送信部が、異なる送信電力により前記テスト信号を複数回数送信することを特徴とする。

## 【0017】

また、本発明の無線通信システムは、前記端末局装置の前記検出部が、前記共用周波数帯域による無線信号を検出した場合、受信した無線信号の受信レベルを検出し、前記送信部が応答する前記検出結果が、前記無線信号の有無の検出結果と前記検出部による受信レベルの検出結果とを含む検出結果であり、前記総合判定局装置の前記信頼度算出部が、前記検出結果に含まれる受信レベルに基づいて、前記端末局装置ごとの信頼度情報を算出することを特徴とする。

30

## 【0018】

また、本発明の無線通信システムは、前記総合判定局装置の前記信頼度算出部が、前記テスト信号の送信電力に応じた前記テスト信号の無線信号到達領域を算出し、前記端末局装置の前記位置情報が、算出した無線信号到達領域に含まれる位置であるか否かに基づき、判定対象の端末局装置の推定検出結果を判定し、前記端末局装置から送信されるテスト信号検出結果と、前記推定検出結果とを比較することにより、誤検出確率の値と、誤警報確率の値とを算出し、この算出結果に基づき信頼度を算出することを特徴とする。

## 【0019】

40

また、本発明は、優先的に所定の共用周波数帯域を利用するプライマリシステムと、前記プライマリシステムが前記共用周波数帯域を利用していない場合に、前記共用周波数帯域を利用するセカンダリシステムとを備える無線通信システムにおける協調センシング方法であって、前記セカンダリシステムが備える総合判定局装置が、前記共用周波数帯域を用いる無線信号をテスト信号として送信するテスト信号送信過程と、前記端末局装置が、前記総合判定局装置が送信する前記テスト信号である前記共用周波数帯域による無線信号の有無を検出するテスト信号検出過程と、検出した検出結果を前記総合判定局装置に応答するテスト結果応答過程と、前記総合判定局装置が、セカンダリシステムが備える端末局装置から受信する前記テスト信号を検出したか否かを含むテスト信号検出結果に基づき、前記端末局装置ごとの信頼度情報を算出する信頼度算出過程と、前記端末局装置の位置情

50

報と、前記信頼度情報とを対応付けて記憶領域に記憶する信頼度情報記憶過程と、前記端末局装置が、前記プライマリシステムが送信する前記共用周波数帯域による無線信号の有無を検出するプライマリシステム検出過程と、検出した検出結果をプライマリシステム検出信号として前記総合判定局装置に伝答するプライマリシステム検出通知過程と、前記総合判定局装置が、前記端末局装置からプライマリシステム検出信号を受信する受信過程と、前記プライマリシステム検出信号の受信に応じて、前記プライマリシステムの協調センシング開始要求を前記端末局装置に送信する協調センシング要求過程と、前記端末局装置が、前記プライマリシステムが送信する前記共用周波数帯域による無線信号の有無を検出する協調センシング過程と、検出した検出結果を協調センシング結果として前記総合判定局装置に伝答する協調センシング結果通知過程と、前記総合判定局装置が、前記端末局装置から受信する協調センシング結果に対し、前記信頼度情報データベースが記憶する信頼度情報で重み付けした値を算出し、前記プライマリシステムによる前記共用周波数帯域の利用の有無を判定する総合判定過程とを有することを特徴とする協調センシング方法である。

10

#### 【0020】

また、本発明は、優先的に所定の共用周波数帯域を利用するプライマリシステムと、前記プライマリシステムが前記共用周波数帯域を利用していない場合に、前記共用周波数帯域を利用するセカンダリシステムとを備える無線通信システムにおいて、前記プライマリシステムによる前記共用周波数帯域の利用の有無を判定する総合判定局装置と、前記共用周波数帯域による無線信号を検出する端末局装置とを備える前記セカンダリシステムの総合判定局装置であって、前記共用周波数帯域を用いる無線信号をテスト信号として送信するテスト信号送信部と、前記端末局装置から受信する前記テスト信号を検出したか否かを含むテスト信号検出結果に基づき、端末局装置ごとの信頼度情報を算出する信頼度算出部と、前記端末局装置の位置情報と、前記信頼度情報とを対応付けて記憶する信頼度情報データベースと、前記端末局装置からプライマリシステム検出信号を受信する受信部と、前記プライマリシステム検出信号の受信に応じて、前記プライマリシステムの協調センシング開始要求を前記端末局装置に送信する協調センシング要求部と、前記端末局装置から受信する協調センシング結果に対し、前記信頼度情報データベースが記憶する信頼度情報で重み付けした値を算出し、前記プライマリシステムによる前記共用周波数帯域の利用の有無を判定する総合判定部とを備えることを特徴とする総合判定局装置である。

20

30

#### 【発明の効果】

#### 【0021】

本発明によれば、総合判定局装置が、予めプライマリシステムの共用周波数帯域による無線信号をテスト信号として送信し、各端末局装置の誤検出確率、誤警報確率を算出し、算出した値に基づき信頼度の情報を取得する。協調センシング結果と取得した信頼度の情報とに基づき総合判定を行うことにより、総合判定時の検出精度の劣化を抑制することが可能になるという効果がある。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0022】

以下、本発明の一実施形態による協調センシングシステムを図面を参照して説明する。

40

図1は、本実施形態によるプライマリシステム100と、セカンダリシステム200とを備える協調センシングシステムの全体を示す概略ブロック図である。

セカンダリシステム200は、プライマリシステム100に割り当てられる周波数帯域を使用して無線通信を行う。以下、プライマリシステム100に割り当てられる周波数帯域を共用周波数帯域と称する。

#### 【0023】

セカンダリシステム200は、共用周波数帯域による無線信号の検出を行う端末20～29と、共用周波数帯域による通信を制御する総合判定局装置30とを備え、プライマリシステム100による共用周波数帯域の利用の有無に応じてセカンダリシステム200における通信を制御する協調センシング処理を行う協調センシングシステムである。

50

## 【 0 0 2 4 】

プライマリシステム 1 0 0 による共用周波数帯域の利用の有無に応じた通信制御について説明する。セカンダリシステム 2 0 0 は、プライマリシステム 1 0 0 が共用周波数帯域による無線信号の送信中、すなわち、プライマリシステム 1 0 0 による無線通信の運用中である場合、セカンダリシステム 2 0 0 において、共用周波数帯域を利用する無線通信を制限する。一方、セカンダリシステム 2 0 0 において、プライマリシステム 1 0 0 が運用中ではない場合、共用周波数帯域を利用した無線通信に対する制限を解除する。

## 【 0 0 2 5 】

セカンダリシステム 2 0 0 において、総合判定局装置 3 0 は、通信処理部 3 1 と、制御部 3 2 と、信頼度情報取得部 3 3 と、信頼度情報データベース 3 4 と、協調センシング処理部 3 5 とを備える。総合判定局装置 3 0 は、端末 2 0 ~ 2 9 の端末装置ごとの信頼度情報を取得する信頼度情報取得処理と、プライマリシステム 1 0 0 による共用周波数帯域の利用有無を判定する協調センシング処理を含む総合判定処理とを行う。

10

## 【 0 0 2 6 】

総合判定局装置 3 0 の通信処理部 3 1 は、通信部 3 1 1 と通信制御部 3 1 2 とを備え、無線信号の送受信を行う。

通信部 3 1 1 は、設定される送信電力に基づき、無線信号を送信し、端末 2 0 ~ 2 9、及び、プライマリシステム 1 0 0 からの無線信号を受信する。通信制御部 3 1 2 は、通信部 3 1 1 が送信する無線信号の送信電力の設定を変更することにより、送信電力の制御を行う。

20

制御部 3 2 は、総合判定局装置 3 0 内の各部を制御する。

## 【 0 0 2 7 】

信頼度情報取得部 3 3 は、信頼度情報取得制御部 3 3 1 と、誤検出誤警報確率算出部 3 3 2 と、信頼度算出部 3 3 3 とを備え、端末 2 0 ~ 2 9 の信頼度情報を取得する。

信頼度情報取得制御部 3 3 1 は、信頼度情報取得部 3 3 の各部の制御や、通信処理部 3 1 による信号の送受信要求、及び、信頼度情報データベース 3 4 への信頼度情報の書き込み要求を制御部 3 2 に出力し、信頼度情報の取得処理の制御を行う。

誤検出誤警報確率算出部 3 3 2 は、プライマリシステム 1 0 0 による共用周波数帯域の利用有無の検出に関する端末 2 0 ~ 2 9 における誤検出確率と、誤警報確率とを算出する。

30

信頼度算出部 3 3 3 は、誤検出誤警報確率算出部 3 3 2 が算出する誤検出確率と、誤警報確率とに基づき、端末 2 0 ~ 2 9 の信頼度を算出する。

## 【 0 0 2 8 】

信頼度情報データベース 3 4 は、端末装置ごとの端末識別情報と、位置情報と、信頼度情報とを対応付けた信頼度情報を記憶する。

協調センシング処理部 3 5 は、協調センシング制御部 3 5 1 と、協調センシングエリア判定部 3 5 2 と、総合判定部 3 5 3 とを備え、プライマリシステム 1 0 0 による共用周波数帯域の利用を通知するプライマリシステム 1 0 0 検出通知の受信に応じて、協調センシング処理を行う。

## 【 0 0 2 9 】

協調センシング制御部 3 5 1 は、協調センシングエリア判定部 3 5 2 と総合判定部 3 5 3 とを制御することにより、協調センシング処理の全体制御を行う。

協調センシングエリア判定部 3 5 2 は、プライマリシステム 1 0 0 検出通知の送信元端末の位置情報に応じて、協調センシング処理の対象範囲を判定する。

総合判定部 3 5 3 は、協調センシングエリア判定部 3 5 2 が判定した協調センシング処理の対象範囲内の端末 2 0 ~ 2 9 からの協調センシング結果と、信頼度情報データベース 3 4 が記憶する端末 2 0 ~ 2 9 ごとの信頼度情報とに基づき、プライマリシステム 1 0 0 による共用周波数帯域の利用有無を判定する。

40

## 【 0 0 3 0 】

端末 2 0 ~ 2 9 は同様の構成を備えるため、端末 2 0 を代表例として内部構成について

50



説明する。端末 20 は、通信部 201 と、端末制御部 202 と、信号検出部 203 と、記憶部 204 とを備え、例えば、コンピュータ端末や、携帯電話端末などである。

通信部 201 は、プライマリシステム 100 からの無線信号を検出し、無線信号の送受信を行う。

#### 【0031】

端末制御部 202 は、端末 20 の各部を制御する。また、端末制御部 202 は、協調センシング開始要求に応じて、信号検出部 203 による検出結果を協調センシング結果として総合判定局装置 30 に送信する。また、端末制御部 202 は、テスト開始信号に応じて、総合判定局装置 30 が送信する共用周波数帯域によるテスト信号の信号検出部 203 による検出結果をテスト結果通知として総合判定局装置 30 に送信する。

10

信号検出部 203 は、通信部 201 が受信する無線信号の周波数帯域が共用周波数帯域であるか否かと、無線信号の受信レベルとを検出し、検出結果を端末制御部 202 に出力する。

記憶部 204 は、端末 20 の端末識別情報と、位置情報とを記憶する。

#### 【0032】

次に、本発明の一実施形態による協調センシングシステムにおける端末 20 ~ 29 の処理の流れについて、端末 20 を代表例として説明する。図 2 は、端末 20 による総合判定局装置 30 から送信されるテスト信号の検出手順を示す図である。

同図において、端末 20 は、通信部 201 を介して端末制御部 202 がテスト開始信号を受信する（ステップ S 201）。端末制御部 202 は、テスト開始信号の受信に伴い、所定時間ごとに共有周波数帯域による無線信号の有無の判定結果と、テスト信号の信号レベルの測定結果と、記憶部 204 が記憶する位置情報と、自装置の端末識別情報とを含むテスト結果通知を総合判定局装置 30 に送信する（ステップ S 202）。

20

#### 【0033】

また、端末 20 におけるプライマリシステム 100 検出に関する動作の流れについて、図面を参照して説明する。図 3 は、端末 20 が総合判定局装置 30 によるテスト信号送信がなく、自装置において協調センシング処理を実行していない場合におけるプライマリシステム 100 からの無線信号の検出手順を示す。

#### 【0034】

端末 20 において、信号検出部 203 は、通信部 201 が受信する無線信号に対し、共用周波数帯域による無線信号であるか否かを判定することにより、プライマリシステム 100 による共用周波数帯域による無線信号の有無を判定する。信号検出部 203 は、プライマリシステム 100 の無線信号を検出した場合、受信した無線信号の受信レベルの情報を含むプライマリシステム 100 検出信号の送信要求を端末制御部 202 に出力する（ステップ S 211）。

30

#### 【0035】

端末制御部 202 は、プライマリシステム 100 による無線信号を検出したことを示す通知と、受信レベルの情報と、記憶部 204 から読み出す自装置の位置情報と端末識別情報とを含むプライマリシステム 100 検出通知を通信部 201 から総合判定局装置 30 に送信させる（ステップ S 212）。

40

#### 【0036】

また、端末 20 における協調センシング処理の動作の流れについて図面を参照して説明する。図 4 は、端末 20 における協調センシング処理の流れを示す図である。

端末 20 において、通信部 201 が、総合判定局装置 30 から協調センシング開始要求を受信し、協調センシング開始要求を端末制御部 202 に出力する（ステップ S 221）。

#### 【0037】

端末制御部 202 は、協調センシング開始要求に応じて、信号検出要求を信号検出部 203 に出力する。信号検出部 203 は、信号検出要求に基づき、通信部 201 が受信する無線信号から共有周波数帯域によるプライマリシステム 100 からの無線信号の有無と、

50

無線信号を検出した場合における受信レベルとを検出し、検出結果を端末制御部202に出力する(ステップS222)。

端末制御部202は、信号検出部203が出力する信号検出の有無の情報と、受信レベルと、記憶部204から読み出す自装置の位置情報と端末識別情報とを含む協調センシング結果を通信部201から総合判定局装置30に送信させる(ステップS223)。

#### 【0038】

<信頼度情報取得過程>

次に、本発明の一実施形態による協調センシングシステムにおける総合判定局装置30の動作について、端末20~29の信頼度情報取得過程と、協調センシング過程とからなる処理の流れを説明する。

まず、総合判定局装置30による信頼度情報取得処理の概要について説明する。

この信頼度情報取得過程の間は、プライマリシステム100による共用周波数帯域の利用がない。例えば、予め総合判定局装置30が、信頼度情報取得処理の開始をプライマリシステム100に通知しておき、この通知に応じてプライマリシステム100が共用周波数帯域を利用した無線通信を行わない構成とする。

#### 【0039】

総合判定局装置30は、テスト信号の送信を通知するテスト開始信号を端末20~29に送信したのち、N回(ただし、 $N > 1$ )のテスト信号の送信を1セットとして、1セットごとに異なる送信電力によりテスト信号の送信をMセット(ただし、 $M > 1$ )行う。

総合判定局装置30は、端末20~29から受信するテスト結果通知と、端末20~29の位置情報と、受信したテスト結果通知に対応するテスト信号の送信電力の値とに基づき、端末装置ごとの信頼度を算出する。

#### 【0040】

次に、総合判定局装置30における信頼度情報取得処理の動作の流れの詳細について、図面を参照して説明する。

なお、総合判定局装置30は、セカンダリシステム200に備えられる端末装置の端末識別情報と、位置情報とを対応付けた端末装置の情報を予め内部の記憶領域に保持している。

例えば、総合判定局装置30は、セカンダリシステム200に含まれる全端末装置の端末識別情報と位置情報とを予め信頼度情報データベース34に保持していることとしてもよいし、テスト開始信号に応じてセカンダリシステム200の端末装置が自装置の端末識別情報と位置情報とを含む応答信号を総合判定局装置30に送信することにより、総合判定局装置30が端末装置の情報を取得することでもよい。

#### 【0041】

図5は、信頼度情報取得過程における総合判定局装置30の処理の流れを示すフロー図である。

総合判定局装置30において信頼度情報取得制御部331は、信頼度情報取得処理の開始として、プライマリシステム100に信頼度情報取得処理の開始を通知する信号を通信部311に送信させる(ステップS301)。

#### 【0042】

次に、信頼度情報取得制御部331は、セカンダリシステム200の通信領域全てに到達する送信電力により、テスト開始信号を通信部311に送信させる(ステップS302)。信頼度情報取得制御部331は、テスト信号を送信する際の送信電力の変更要求を通信制御部312に出力し、通信制御部312が通信部311の送信電力を設定する(ステップS303)。

ここで、テスト信号を送信する際の送信電力は、例えば、最大送信電力Wの値をテスト信号の送信セット数のMで割った値「 $W/M$ 」を基準送信電力 $W_s$ とし、1セットごとに、基準送信電力 $W_s \times$ セット数 $m$ (ただし、 $m = 1, 2, \dots, (M-1), M$ )の送信電力とする。

#### 【0043】

次に、信頼度情報取得制御部 331 は、通信部 311 にテスト信号を送信させる（ステップ S304）。このテスト信号は、プライマリシステム 100 の通信方式による共用周波数帯域を用いた無線信号である。

図 6 は、 $m = 1$  の時、総合判定局装置 30 からの送信電力「基準送信電力  $W_s \times$  セット数 1」によるテスト信号の到達範囲（無線信号が所定の信号強度以上となる範囲）を無線信号到達範囲 a とした場合の協調センシングシステム の概念図を示す。同図において、無線信号到達範囲 a の範囲には、端末 23 と、端末 25 とが含まれる。

【0044】

この無線信号到達範囲 a に含まれる端末装置のうち、正常にテスト信号を検出した端末装置、例えば、端末 25 は、テスト結果通知として、信号検出有りを示す検出通知を総合判定局装置 30 に送信する。ここで、テスト結果通知は、信号検出の有無を示す情報と、テスト信号の受信レベルの情報と、自装置の位置情報と、自装置の端末識別情報とを含む。

10

また、無線信号到達範囲 a に含まれる端末装置のうち、テスト信号が検出できなかった端末装置、例えば、端末 23 は、テスト結果通知として、信号検出なしを示す非検出通知を総合判定局装置 30 に送信する。このように、無線信号到達範囲 a に含まれ、本来検出通知を送信すべきであるが、テスト結果通知として非検出通知を送信する端末装置を誤検出した端末装置と定義する。

【0045】

同様に、セカンダリシステム 200 に含まれ、無線信号到達範囲 a 以外の領域に存在する端末装置のうち、テスト信号が検出できなかった端末装置、例えば、端末 23 は、テスト結果通知として、信号検出なしを示す非検出通知を総合判定局装置 30 に送信する。

20

また、セカンダリシステム 200 に含まれ、無線信号到達範囲 a 以外の領域に存在する端末装置のうち、テスト信号を検出したことを通知する端末装置、例えば、端末 22 は、テスト結果通知として、信号検出有りを示す検出通知を総合判定局装置 30 に送信する。

このように、無線信号到達範囲 a に含まれず、本来非検出通知を送信すべきであるが、テスト結果通知として検出通知を送信する端末装置を誤警報した端末装置と定義する。

【0046】

図 5 に戻り、総合判定局装置 30 は、端末 20 ~ 29 からテスト結果通知を受信する（ステップ S306）。

30

なお、上述したように、端末 20 ~ 29 が、総合判定局装置 30 からテスト開始信号を受信すると、テスト信号の検出の有無にかかわらず、所定周期ごとにテスト結果通知を総合判定局装置 30 に送信するようにしたため、総合判定局装置 30 は、テスト信号を検出したことを通知する検出通知と、テスト信号を検出できなかったことを通知する非検出通知とを取得することが可能になる。

【0047】

信頼度情報取得制御部 331 は、テスト信号の送信電力の値と、通信部 311 が受信する各端末装置ごとの N 回分のテスト結果通知とを対応付けたテスト結果通知情報を一時的に内部の記憶領域に記憶し、テスト信号の送信回数が N 回に達したか否かを判定する（ステップ S307）。

40

信頼度情報取得制御部 331 は、N 回テスト信号を送信し、N 回分の端末 20 ~ 29 のテスト結果通知を受信するまで、ステップ S304 ~ S306 の処理を繰り返す。信頼度情報取得制御部 331 は、設定した送信電力による N 回のテスト信号の送信が終了していた場合、誤検出誤警報確率算出部 332 に N 回分のテスト結果通知情報を含む誤検出、誤警報の確率算出要求を誤検出誤警報確率算出部 332 に出力する。

【0048】

誤検出誤警報確率算出部 332 は、誤検出、誤警報の確率算出要求に応じて、送信電力の情報と、信頼度情報データベース 34 が記憶する位置情報と、端末装置ごとの N 回分のテスト結果通知情報とに基づき、各端末装置ごとに誤検出確率と、誤警報確率とを算出する。具体的には、誤検出誤警報確率算出部 332 は、テスト結果通知情報に含まれる端末

50

装置の端末識別情報を検索キーとして、信頼度情報データベース34から位置情報を読み出し、読み出した位置情報に基づき、端末20～29が、入力された送信電力の情報に対応する無線信号到達範囲aに含まれる端末装置と、無線信号到達範囲aに含まれない端末装置とのいずれであるかを判定する。

【0049】

次に、誤検出誤警報確率算出部332は、N回分の端末装置ごとのテスト結果通知に基づき、以下の計算式を用いて誤検出確率 $P_{e_d}(i)$ と、誤警報確率 $P_{e_a}(j)$ とを算出する。

誤検出確率 $P_{e_d}(i) = \{ \text{誤検出の回数 } N_{e_d}(i) \div \text{テスト送信回数 } N \} \times 100$   
[パーセント、%]

ただし、 $i$ は、無線信号到達範囲aに含まれる端末装置の識別番号のいずれかを示す。誤検出の回数 $N_{e_d}(i)$ は、識別番号 $i$ の端末装置における誤検出の回数を示す(ただし、 $N_{e_d}(i) = 0, 1, \dots, (N-1), N$ )。

【0050】

誤警報確率 $P_{e_a}(j) = \{ \text{誤警報の回数 } N_{e_a}(j) \div \text{テスト回数 } N \} \times 100$  [%]

ただし、 $j$ は、セカンダリシステム200に含まれ、無線信号到達範囲aに含まれない端末装置の識別番号のいずれかを示す。誤警報の回数 $N_{e_a}(j)$ は、識別番号 $j$ の端末装置における誤検出の回数を示す(ただし、 $N_{e_a}(j) = 0, 1, \dots, (N-1), N$ )。

【0051】

例えば、図6において、 $N = 10$ として、総合判定局装置30がテスト信号を10回送信する場合、無線信号到達範囲aに含まれる端末23が、10回のうち7回テスト信号を検出し(正常検出)、3回テスト信号を検出できなかった(誤検出)こととする。

この場合、端末23は、無線信号到達範囲aに含まれているため、誤警報確率 $P_{e_a}(23) = 0\%$ である。

【0052】

一方、誤検出確率 $P_{e_d}(23)$ は、

誤検出確率 $P_{e_d}(23) = \{ \text{誤検出の回数 } N_{e_d}(23) \div \text{テスト送信回数 } N \} \times 100 = (3 \div 10) \times 100 = 30$  [%]

として、誤検出誤警報確率算出部332が算出する。

【0053】

また、同様に、無線信号到達範囲aに含まれない端末22が、10回のうち、1回テスト信号を検出し(誤警報)、9回テスト信号を検出できなかった(正常検出)場合、端末22は、無線信号到達範囲aに含まれていないため、誤検出確率 $P_{e_d}(22) = 0\%$ である。

一方、誤警報確率 $P_{e_a}(22)$ は、

誤警報確率 $P_{e_a}(22) = \{ \text{誤警報の回数 } N_{e_a}(22) \div \text{テスト回数 } N \} \times 100 = (1 \div 10) \times 100 = 10$  [%]

として、誤検出誤警報確率算出部332が算出する。

【0054】

図5に戻り、誤検出誤警報確率算出部332は、端末20～29の端末識別情報に対応付けた算出結果を信頼度情報取得制御部331に出力する。信頼度情報取得制御部331は、算出結果を信頼度情報データベース34において、算出結果の端末識別情報に対応する信頼度の項目に書き込むことにより、信頼度情報を更新する(ステップS308)。

信頼度情報取得制御部331は、現在のテスト信号の送信電力の設定が最大送信電力Wであるか否かを判定する(ステップS309)。信頼度情報取得制御部331は、現在のテスト信号の送信電力が最大送信電力Wではない判定すると、現在のテスト信号の送信電力に基準送信電力 $W_s$ を加算し、テスト信号の送信回数をリセットして、ステップS303の処理に戻る。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 5 】

図7は、 $m = 2$ の時、総合判定局装置30からの送信電力「基準送信電力 $W_s \times$ セット数2」によるテスト信号の到達範囲を無線信号到達範囲bとした場合の協調センシングシステムの概念図を示す。同図において、無線信号到達範囲bの範囲には、端末22～27が含まれ、また、端末20～29の検出結果には、誤検出や誤警報が含まれない例を示す。

このように、セット数ごとに異なる送信電力のテスト信号を送信することにより、各端末装置は、異なる受信レベルでテスト信号を受信するようになる。これにより、総合判定局装置30は、端末装置ごとの受信レベルごとの誤検出、誤警報の確率を算出することが可能になるという効果がある。

10

## 【 0 0 5 6 】

図5に戻り、信頼度情報取得制御部331は、1セットN回のテスト信号の送信をMセット実行後、ステップS309において、現在の送信電力が最大送信電力Wであると判定すると、最大送信電力Wにより、端末20～29にテスト終了を通知するとともに、プライマリシステム100に信頼度情報取得処理の終了を通知することにより、信頼度情報取得処理を終了する。

以上が総合判定局装置30による信頼度情報取得過程における動作の流れである。

## 【 0 0 5 7 】

総合判定局装置30は、無線信号の送信電力を制御することにより、送信する無線信号到達エリアを変更する。これにより、端末20～29における、受信信号の受信レベルごとのテスト結果通知を総合判定局装置30が取得することが可能になる。すなわち、受信レベルごとの誤検出確率、誤警報確率を算出することができ、総合判定処理過程において、協調センシング対象の端末装置からの協調センシング結果に含まれる受信レベルに応じて高精度にプライマリシステム100の共用周波数帯域の利用の有無を判定することが可能になるという効果がある。

20

## 【 0 0 5 8 】

< 総合判定処理過程 >

次に、本発明の一実施形態による協調センシングシステムにおける総合判定局装置30の動作について、総合判定処理過程の処理の流れを説明する。

まず、総合判定局装置30による総合判定処理の概要について説明する。

30

総合判定局装置30は、端末20～29が実行する協調センシング処理の協調センシング結果と端末装置ごとの信頼度情報とに基づき、プライマリシステム100が共用周波数帯域を利用した無線通信を行っているか否かの総合判定処理を行う。この総合判定処理において、総合判定局装置30は、端末20～29のうち、一部の端末装置を協調センシング対象と判定し、この協調センシング対象の端末装置に協調センシングを実行させる協調センシング処理を行う。

## 【 0 0 5 9 】

図8は、セカンダリシステム200の無線信号到達範囲をエリアA、エリアB、エリアCの3つの領域に分割した際における端末20～29の配置例を示す図である。同図において、プライマリシステム100側から順にエリアAには、端末20～23が含まれ、エリアBには、端末24、端末25が含まれ、エリアCには、端末26～29が含まれる。

40

これらの領域は、予めプライマリシステム100からの距離に応じて分割した領域や、信頼度情報取得過程、及び、総合判定処理過程ではない時間帯において、プライマリシステム100からの共用周波数帯域の無線信号を検出した端末装置の位置を中心とする所定範囲と、この所定範囲外とで分割することでもよい。

## 【 0 0 6 0 】

ここでは、予めエリアA、エリアB、エリアCに領域分割されており、総合判定局装置30の協調センシングエリア判定部352は、内部の記憶領域に予め領域の情報を記憶していることとする。

次に、総合判定処理における総合判定局装置30の処理の流れの詳細を図面を用いて説

50

明する。図 9 は、総合判定局装置 30 による総合判定処理の流れを示すフロー図である。

【0061】

総合判定局装置 30 において、通信部 311 を介して制御部 32 は、いずれかの端末装置、例えば、端末 22 からプライマリシステム 100 の共用周波数帯域を用いた無線信号の検出を通知するプライマリシステム 100 検出通知を受信する。

制御部 32 は、プライマリシステム 100 検出通知の受信を受けて、端末 22 の端末識別情報を含むプライマリシステム 100 検出通知を含む誤警報であるか否かの判定要求を協調センシング処理部 35 に出力する（ステップ S321）。

【0062】

協調センシング処理部 35 において、協調センシング制御部 351 は、入力される端末 22 の端末識別情報を検索キーとして、信頼度情報データベース 34 から端末 22 の位置情報を読み出し、端末 22 の位置情報を含む協調センシング対象エリア判定要求を協調センシングエリア判定部 352 に出力する。協調センシングエリア判定部 352 は、端末 22 の位置情報と、内部の記憶領域に記憶する領域の情報とに基づき、端末 22 がいずれの領域に存在するかを判定し、判定結果を協調センシング制御部 351 に出力する（ステップ S322）。ここでは、協調センシング制御部 351 は、端末 22 は、エリア A に存在していることと判定する。

【0063】

次に、協調センシング制御部 351 は、判定結果に基づき、協調センシング対象エリアであるエリア A に含まれる端末装置を選択する。例えば、協調センシング制御部 351 は、信頼度情報データベース 34 が記憶する全端末装置の位置情報と、対応する端末識別情報とを読み出し、読み出した位置情報のうち、エリア A に含まれる位置情報の端末装置を抽出する。協調センシング制御部 351 は、抽出した端末装置を宛先として、協調センシング開始要求信号を通信部 311 に送信させる（ステップ S323）。

【0064】

図 10 は、総合判定局装置 30 が、エリア A の端末装置に対して送信する協調センシング開始要求信号に応じて、エリア A に含まれる端末 20 ~ 23 が協調センシング処理を行っている状況を示す概念図である。

【0065】

図 9 に戻り、協調センシング制御部 351 は、通信部 311 を介して協調センシング結果を受信すると（ステップ S324）、協調センシング結果に含まれる端末識別情報に基づき、エリア A の全端末装置、すなわち、端末 20 ~ 23 から協調センシング結果を受信したか否かを判定する（ステップ S325）。

協調センシング制御部 351 は、端末 20 ~ 23 の全端末装置から協調センシング結果を受信するまで受信を待機し、端末 20 ~ 23 の協調センシング結果を受信すると、端末 20 ~ 23 の端末識別情報に対応する信頼度情報を信頼度情報データベース 34 から読み出す（ステップ S326）。

【0066】

協調センシング制御部 351 は、読み出した信頼度情報と、受信した協調センシング結果とを含む総合判定処理要求を総合判定部 353 に出力する。総合判定部 353 は、入力される総合判定処理要求に応じて、端末装置ごとの協調センシング結果に対し、信頼度情報の重み付け処理を行う（ステップ S327）。

総合判定部 353 による重み付け処理について、誤検出確率  $P_{e_d}(i)$ 、誤警報率  $P_{e_a}(i)$  である端末  $i$ （ただし、 $i = 20, 21, 22, 23$ ）について説明する。

【0067】

協調センシング指示の結果、端末  $i$  が「プライマリシステム 100 からの共用周波数帯域の利用あり」を通知した場合、総合判定部 353 は、信頼度  $R$ 、及び、重み付けの値を次式により算出する。

$$\text{信頼度 } R(\text{検出あり}) = (100 - \text{誤警報率 } P_{e_a}(i)) [\%]$$

$$\text{重み}(\text{検出あり}) = \text{信頼度 } R(\text{検出あり}) \div 100 \%$$

10

20

30

40

50

一方、この端末  $i$  が「検出なし」を通知した場合、総合判定部 353 は、信頼度  $R$ 、及び重み付けの値を次式により算出する。

$$\text{信頼度 } R(\text{検出なし}) = (100 - \text{誤検出確率 } P_{e_d}(i)) [\%]$$

$$\text{重み}(\text{検出なし}) = \text{信頼度 } R(\text{検出なし}) \div 100\%$$

【0068】

総合判定部 353 による重み付け処理の手順について、その具体例を説明する。

判定対象の端末装置として、例えば、誤検出確率  $P_{e_d}(21) = 10\%$ 、誤警報率  $P_{e_a}(21) = 0\%$  である端末 21 に関する総合判定処理について説明する。

協調センシング指示の結果、端末 21 が「プライマリシステム 100 からの共用周波数帯域の利用あり」を通知した場合、総合判定部 353 は、信頼度  $R$ 、及び、重み付けの値を上述の式を用いて算出する。

【0069】

$$\text{信頼度 } R(\text{検出あり}) = (100 - \text{誤警報率 } P_{e_a}(21)) = (100 - 0) = 100 [\%]$$

$$\text{重み}(\text{検出あり}) = \text{信頼度 } R(\text{検出あり}) \div 100\% = 100 \div 100 = 1$$

一方、この端末装置が「検出なし」を通知した場合、

$$\text{信頼度 } R(\text{検出なし}) = (100 - \text{誤検出確率 } P_{e_d}(21)) = (100 - 10) = 90\%$$

$$\text{重み}(\text{検出なし}) = \text{信頼度 } R(\text{検出なし}) \div 100\% = 90 \div 100 = 0.9$$

【0070】

同様にして、総合判定部 353 は、協調センシング指示を送信した端末 20 ~ 23 全てにおいて、信頼度  $R$ 、重みを算出する。

次に、総合判定部 353 は、次式、すなわち、重み  $R_i$  と変数  $X_i$  とを端末装置ごとに乗算し、乗算した算出結果を協調センシング対象の端末装置全てについて加算することにより、総合判定結果  $T$  を算出する（ステップ S328）。

$$\text{総合判定結果 } T = R_i X_i$$

ただし、 $R_i$  は、端末  $i$  における重みの値、変数  $X_i$  は、検出ありの場合、値「1」、検出なしの場合、値「-1」である。

【0071】

このとき、総合判定結果  $T = 0$  である場合、総合判定部 353 は、プライマリシステム 100 による共用周波数帯域の利用があると判定し、総合判定結果  $T < 0$  である場合、プライマリシステム 100 による共用周波数帯域の利用がないと判定する。

総合判定部 353 は、判定結果を協調センシング制御部 351 に出力する。協調センシング制御部 351 は、判定結果に基づき、プライマリシステム 100 による共用周波数帯域の利用がある場合、セカンダリシステム 200 における通信の中止を指示したり、他の周波数帯域の利用を要求する信号を通信部 311 から送信させることにより、通信制御を行う（ステップ S328）。

【0072】

なお、通信の中止の指示や、他の周波数帯域の利用の要求を行う際に、ステップ S321 においてプライマリシステム 100 検出通知を送信した端末装置が存在する領域、ここでは、エリア A に存在する端末装置のみに通信制御を行うこととしてもよい。

なお、総合判定局装置 30 は、同一周波数帯域、及び、通信方式によるテスト電波を送信し、各端末装置からの結果受信とを任意の回数（例えば、 $N$  回）繰り返し、端末装置ごとに、受信レベルに対する誤検出確率と、誤警報確率とを重みとして算出し、信頼度情報データベース 34 に書き込む。本処理は、この繰り返し回数が多いほど、誤検出確率、誤警報確率の値の精度が向上する。以上説明した処理手順が、総合判定局装置 30 による協調センシング処理過程である。

【0073】

上述の実施形態によれば、予め、総合判定局装置 30 がプライマリシステム 100 が用いる共用周波数帯域により、プライマリシステム 100 の通信方式を適用したテスト信号

10

20

30

40

50

を送信し、セカンダリシステム 200 に含まれる端末 20 ~ 29 のテスト結果通知を取得する。これに基づき、総合判定局装置 30 が、各端末 20 ~ 29 ごとのセンシングの誤検出確率、誤警報確率を算出し、算出した誤検出確率と誤警報確率とに基づき信頼度の値を算出する。総合判定局装置 30 は、算出した信頼度の値に基づき、各端末 20 ~ 29 から送信される協調センシング検出結果に重み付け処理を行うことにより、プライマリシステム 100 における共用周波数帯域を用いた無線通信の実行有無をより正確に判定することが可能になるという効果がある。

【0074】

また、総合判定局装置 30 は、プライマリシステム 100 を検出したことを通知するプライマリシステム 100 検出通知の送信元の位置情報に基づき、セカンダリシステム 200 の一部分（例えば、エリア A）を協調センシング処理を実行させる範囲とし、当該範囲に含まれる端末装置に対してのみ協調センシング処理を実行させるようにした。

10

【0075】

これにより、図 10 に示すように、プライマリシステム 100 からの無線信号到達範囲 d の外の端末装置（例えば、端末 24 ~ 29）からの誤検出や誤警報が含まれる可能性のある協調センシング結果を用いることがなくなるため、プライマリシステム 100 による共用周波数帯域の無線通信の実行有無をより正確に判定することが可能になるという効果がある。さらに、端末 24 ~ 29 に対し、必要のないセンシング処理を抑制することができ、端末 20 ~ 23 において協調センシング処理を実行中であっても、端末 24 ~ 29 は、通信を中断させられることなく、処理を続行することが可能になるという効果がある。

20

【0076】

また、プライマリシステム 100 の協調センシング開始要求に応じた協調センシング結果に対し、信頼度情報データベース 34 に予め記憶している誤検出確率、又は、誤警報確率を重み付けとして用いて、総合判定結果 T を算出することにより、端末装置ごとの協調センシング結果の信頼性を向上させる。

さらに、最初にプライマリシステムを検出したことを通知する端末装置の位置情報に応じて、エリアを限定してセンシング指示を送信する。これにより、さらにプライマリシステム 100 の影響を受けやすい、プライマリシステム 100 からの無線信号を受信しやすい位置に存在する端末装置に協調センシングさせることで、判定結果の信頼性を向上させることが可能になるという効果がある。

30

【0077】

また、総合判定局装置 30 は、各端末装置の位置情報を取得することにより、プライマリシステム 100 の信号がセカンダリシステム 200 のいずれのエリアに影響を与えるかを推定する。これにより、総合判定局装置 30 は、協調センシング時にプライマリシステム 100 の検出が必要となるエリアのみにセンシングの指示を送信し、協調センシング結果の信頼度に基づき総合判定を行うことにより、総合判定時の検出精度の劣化を抑制することが可能になる。

【0078】

なお、上述した実施形態において誤警報率  $P_{e,a}(i)$  と誤検出確率  $P_{e,d}(i)$  とに基づき、総合判定局装置 30 が信頼度 R を算出することとして説明したが、これに限らず、下記の計算式により信頼度を算出するようにしてもよい。

40

総合判定局装置 30 は、端末 i が無線信号到達範囲内に存在する場合に、テスト信号を検出（正常検出）し、検出したことを通知する確率を示す正常検出確率  $P_{a,d}(i)$  と、端末 i が無線信号到達範囲外に存在する場合に、テスト信号を受信しなかったことを通知する確率を示す正常警報率  $P_{a,a}(i)$  とに基づき、信頼度 R' を算出する。

【0079】

ここで、総合判定局装置 30 は、正常検出確率  $P_{a,d}(i)$ 、正常警報率  $P_{a,a}(i)$ 、信頼度 R' を次式により算出する。

正常検出確率  $P_{a,d}(i) = (100 - \text{誤検出確率 } P_{e,d}(i)) = \{ \text{正常検出の回数 } N_{a,d}(i) \div \text{テスト送信回数 } N \} \times 100$  [パーセント、%]

50



正常警報率  $P_{a_a}(i) = (100 - \text{誤警報率 } P_{e_a}(i)) = \{ \text{正常警報の回数 } N_{a_a}(i) \div \text{テスト回数 } N \} \times 100 [\%]$

信頼度  $R' = \{ ( \text{正常検出確率 } P_{a_d}(i) / 100 ) \times ( \text{正常警報率 } P_{a_a}(i) / 100 ) \} \times 100 [\%]$

【0080】

ここで、上述の検出結果別に算出する信頼度  $R$  (検出あり)、 $R$  (検出なし) と異なり、正常検出確率  $P_{a_d}(i)$  と、正常警報率  $P_{a_a}(i)$  とに基づき算出する信頼度  $R'$  は、受信レベルごとに、端末  $i$  の検出結果に一律に適用する端末  $i$  の検出結果に対する総合的な信頼度を示す値である。

そして、総合判定局装置 30 において、総合判定部 353 は、信頼度  $R'$  に基づき、重み付けの値と、総合判定結果  $T'$  とを次式により算出する。

重み = 信頼度  $R' \div 100 \%$

総合判定結果  $T' = R_i' \times X_i$

【0081】

ただし、 $R_i'$  は、端末  $i$  における重みの値、変数  $X_i$  は、検出ありの場合、値「1」、検出なしの場合、値「-1」である。

信頼度  $R'$  を用いることにより、総合判定部 353 は、検出結果ごとに異なる値による重み付けを行うことなく、総合判定結果  $T'$  を算出することができる。また、信頼度情報データベース 34 において、信頼度  $R'$  のみを記憶するようになるため、データの増大を抑制することができる。

【0082】

また、上述した信頼度  $R'$  を正常検出確率  $P_{a_d}(i)$  と、正常警報率  $P_{a_a}(i)$  との平均値、すなわち、次式により算出することでもよい。

信頼度  $R' = \{ \text{正常検出確率 } P_{a_d}(i) + \text{正常警報率 } P_{a_a}(i) \} \div 2 [\%]$

同様に、上述した信頼度  $R$  を誤警報率  $P_{e_a}(i)$  と誤検出確率  $P_{e_d}(i)$  との平均値、すなわち、次式に基づき算出することでもよい。

信頼度  $R = 100 - ( \text{誤警報率 } P_{e_a}(i) + \text{誤検出確率 } P_{e_d}(i) ) \div 2 [\%]$

【0083】

また、上述した信頼度  $R$  (検出あり) と、信頼度  $R$  (検出なし) とを次式に基づき算出することでもよい。

信頼度  $R$  (検出あり) =  $(100 - \text{誤検出確率 } P_{e_d}(i)) [\%]$

信頼度  $R$  (検出なし) =  $(100 - \text{誤警報率 } P_{e_a}(i)) [\%]$

また、重みの値を、正常検出確率  $P_{a_d}(i)$  に基づく信頼度と、正常警報率  $P_{a_a}(i)$  に基づく信頼度との組合せ、または、誤警報率  $P_{e_a}(i)$  に基づく信頼度と誤検出確率  $P_{e_d}(i)$  に基づく信頼度との組合せを用いて各々の信頼度を乗算、すなわち、次式により算出することでもよい。

重み =  $( \text{信頼度 } R \text{ (検出なし)} \div 100 \%) \times ( \text{信頼度 } R \text{ (検出あり)} \div 100 \%)$

【0084】

また、上述した実施形態において、図 5 に示すように、所定の送信電力により、 $N$  回のテスト信号を送信後、ステップ S307 において誤検出誤警報確率算出部 332 が誤検出、誤警報の確率を算出し、信頼度算出部 333 が信頼度を算出しようとしたがこれに限られず、以下のようにしてもよい。すなわち、ステップ S309 において、最大送信電力によるテスト信号に対する応答を受信後に、全てのテスト信号に対する応答をそれぞれ受信したテスト信号に含まれる受信レベルごとに誤検出誤警報確率算出部 332 が確率を算出し、信頼度算出部 333 が信頼度を算出することでもよい。

【0085】

これにより、各端末の受信レベルごとの誤検出、誤警報確率をあらかじめシステム監視装置 30 が算出しておき、協調センシング結果に含まれる端末の識別情報と、受信レベルの情報とに基づき、当該受信レベルにおける信頼度の情報を用いて、システム監視装置 30 が単極装置 100 の無線信号の有無を総合判定することが可能になるという効果がある

10

20

30

40

50

。このように、信頼度や、重みの値は、端末ごとのセンシング結果の確度としての信頼度を算出し、この信頼度に基づき、システム監視装置30が総合判定を行うことであれば、いずれの信頼度の算出方法、重みの値の算出方法でも適用可能である。

【0086】

なお、対象エリアの決定方法の一例として、例えば、図8に示すように、予めセカンダリシステムのエリアを複数のサブエリア(図6のエリアA、B、C)に分割しておき、プライマリシステム検出を通知した端末装置が存在する領域を協調センシング対象エリアとして説明したが、これに限らず、他のエリアとしてもよい。

例えば、プライマリシステム100検出通知の送信元の端末装置を中心に、半径xの円に含まれる範囲を協調センシングエリアとしてもよい。また、複数の端末装置が、プライマリシステム検出を通知した場合、通知する複数の端末装置により囲まれる範囲(2つの端末装置の場合、総合判定局と、2つの端末装置とで囲まれる範囲)を協調センシングエリアとしてもよい。

【0087】

また、端末20~29における位置情報は、予め記憶部204が記憶することとして説明したが、これに限られず、例えば、GPS(Global Positioning System)装置などを端末20~29が備えており、このGPS装置により位置情報を取得して総合判定局装置30に位置情報を通知することなど、端末20~29の位置情報が取得可能な構成であればいずれの構成でも適用可能である。

【0088】

また、総合判定局装置30がテスト開始信号を送信し、端末20~29が所定周期ごとにテスト結果通知を送信することとして説明したが、これに限らず、例えば、総合判定局装置30が予めセカンダリシステム200に含まれる全ての端末装置の端末識別情報と、位置情報とを予め取得しており、端末20~29が、テスト信号を受信した場合のみテスト結果通知を総合判定局装置30に送信するようにしてもよい。この場合、総合判定局装置30は、テスト結果通知を送信しなかった端末装置について、位置情報と、テスト信号の送信電力とに基づき、誤検出であるか否かを判定することにより、実現可能である。

【0089】

なお、上述の総合判定局装置30、端末20~29、プライマリシステム100は、内部にコンピュータシステムを有している。そして、総合判定局装置30の通信処理部31、制御部32、信頼度情報取得部33、信頼度情報データベース34、協調センシング処理部35、並びに、端末20~29の通信部201、端末制御部202、信号検出部203、記憶部204、の動作の過程は、プログラムの形式でコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記憶されており、このプログラムをコンピュータシステムが読み出して実行することによって、上記処理が行われる。ここでいう「コンピュータシステム」とは、CPU及び各種メモリやOS、周辺機器等のハードウェアを含むものである。

また、「コンピュータシステム」は、WWWシステムを利用している場合であれば、ホームページ提供環境(あるいは表示環境)も含むものとする。

【0090】

また、図2、図3、図4、図5、図9に示す各ステップを実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、また、図1に示す総合判定局装置30の機能と端末20~29の機能とを実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより、プライマリシステム100による共用周波数帯域の利用の有無を判定する協調センシング処理を行ってもよい。

また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、フラッシュメモリ等の書き込み可能な不揮発性メモリ、CD-ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。

【0091】

さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムが送信された場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリ（例えばD R A M（Dynamic Random Access Memory））のように、一定時間プログラムを保持しているものも含むものとする。

また、上記プログラムは、このプログラムを記憶装置等に格納したコンピュータシステムから、伝送媒体を介して、あるいは、伝送媒体中の伝送波により他のコンピュータシステムに伝送されてもよい。ここで、プログラムを伝送する「伝送媒体」は、インターネット等のネットワーク（通信網）や電話回線等の通信回線（通信線）のように情報を伝送する機能を有する媒体のことをいう。

また、上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであっても良い。さらに、前述した機能をコンピュータシステムに既に記録されているプログラムとの組合せで実現できるもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であっても良い。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0092】

【図1】本発明の一実施形態における無線通信システムの構成を示す図である。

【図2】同実施形態における端末20のテスト信号検出処理の動作フローを示す図である。

【図3】同実施形態における端末20のプライマリシステム100検出時の動作フローを示す図である。

【図4】同実施形態における端末20の協調センシング処理の動作フローを示す図である。

【図5】同実施形態における総合判定局装置30の信頼度情報取得過程の動作フローを示す図である。

【図6】同実施形態における総合判定局装置30が送信するテスト信号の到達範囲の一例を示す図である。

【図7】同実施形態における総合判定局装置30が送信するテスト信号の到達範囲の一例を示す図である。

【図8】同実施形態におけるセカンダリシステム200における領域分割例を示す図である。

【図9】同実施形態における総合判定局装置30の総合判定処理過程の動作フローを示す図である。

【図10】同実施形態におけるセカンダリシステム200において、エリアAの端末装置のみが協調センシング処理を行う場合の概念図である。

【図11】従来の協調センシングシステムの構成例を示す図である。

【図12】総合判定局装置30aの動作フローを示す図である。

【図13】端末22aの動作フローを示す図である。

【図14】端末20a～端末29aの動作フローを示す図である。

【図15】従来の協調センシングシステムにおける協調センシング処理の概念図である。

#### 【符号の説明】

#### 【0093】

100、100a プライマリシステム

200、200a セカンダリシステム

20～29、20a～29a 端末

201 通信部

202 端末制御部

203 信号検出部

204 記憶部

30、30a 総合判定局装置

31 通信処理部

311 通信部

10

20

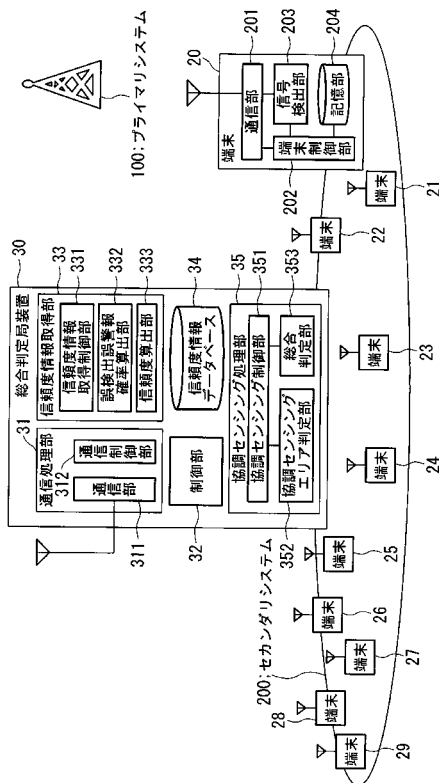
30

40

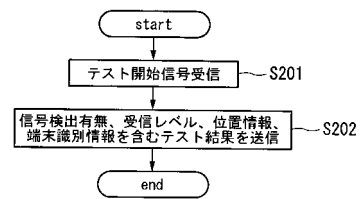
50

- 3 1 2 通信制御部
- 3 2 制御部
- 3 3 信頼度情報取得部
  - 3 3 1 信頼度情報取得制御部
  - 3 3 2 誤検出誤警報確率算出部
  - 3 3 3 信頼度算出部
- 3 4 信頼度情報データベース
- 3 5 協調センシング処理部
  - 3 5 1 協調センシング制御部
  - 3 5 2 協調センシングエリア判定部
  - 3 5 3 総合判定部
- a、b 無線信号到達範囲
- d プライマリシステム100からの無線信号到達範囲
- d a プライマリシステム100 aからの無線信号到達範囲
- A、B、C エリア

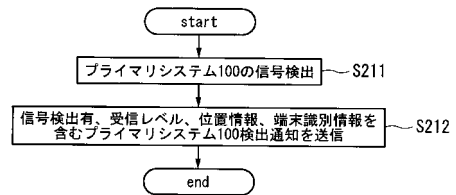
【図1】



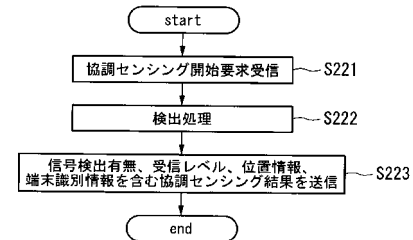
【図2】



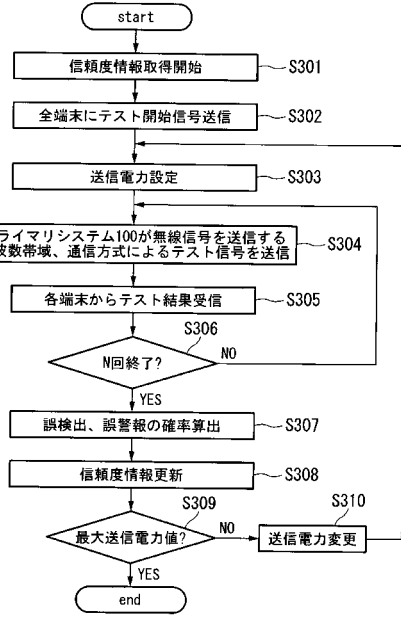
【図3】



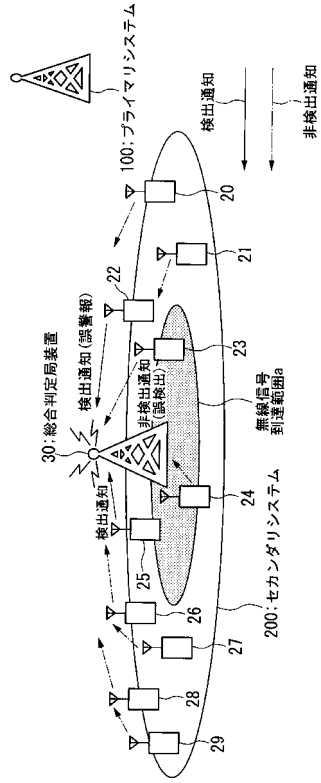
【図4】



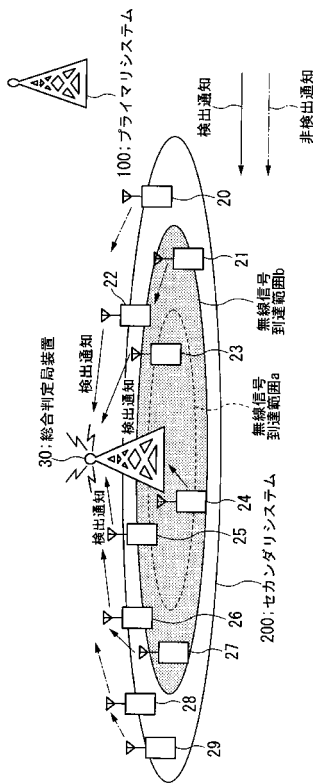
【図5】



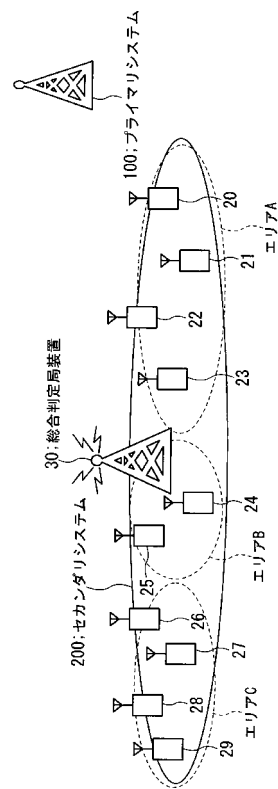
【図6】



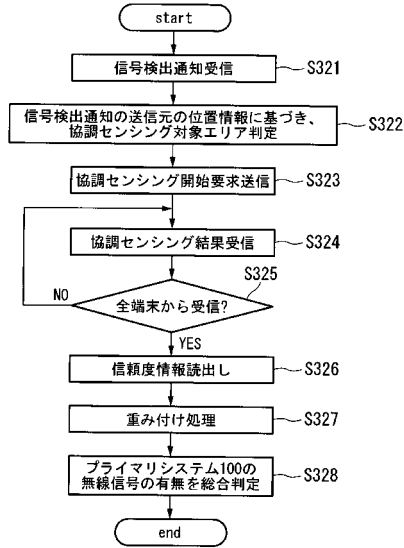
【図7】



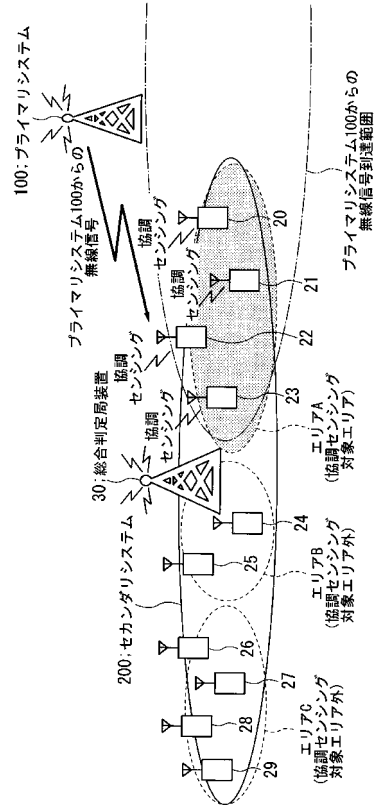
【図8】



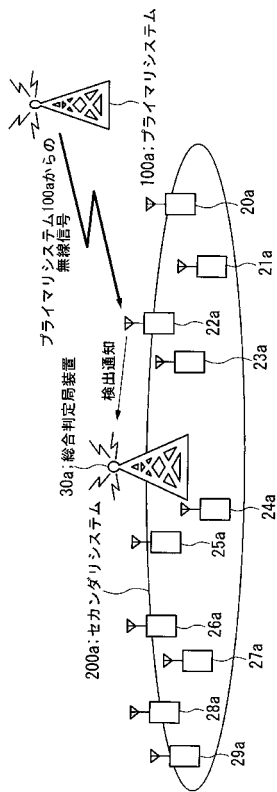
【図9】



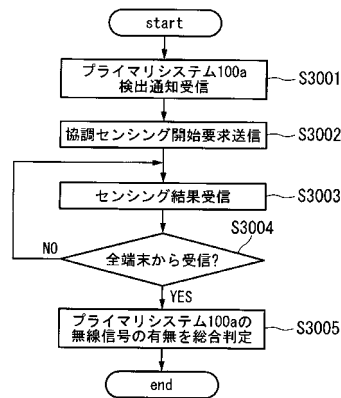
【図10】



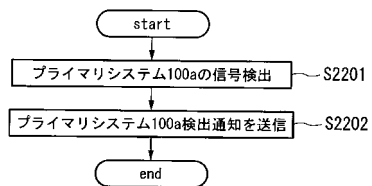
【図11】



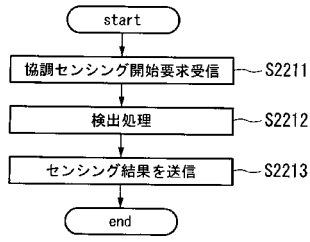
【図12】



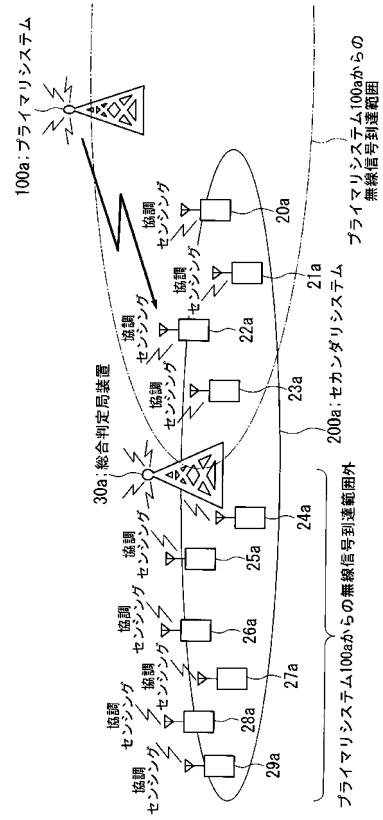
【図13】



【図14】



【図15】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 赤羽 和徳  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 上原 一浩  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 山田 貴之  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

審査官 富田 高史

- (56)参考文献 特開2009-177403(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04W 16/14  
H04W 24/06  
H04W 24/08