

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-80074

(P2015-80074A)

(43) 公開日 平成27年4月23日(2015.4.23)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4W 16/14 (2009.01)	HO4W 16/14	5H181
HO4W 24/00 (2009.01)	HO4W 24/00	5K067
HO4W 84/00 (2009.01)	HO4W 84/00	110
G08G 1/09 (2006.01)	G08G 1/09	H
HO4W 4/04 (2009.01)	G08G 1/09	F
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 17 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2013-215671 (P2013-215671)
 (22) 出願日 平成25年10月16日(2013.10.16)

(出願人による申告)平成25年度、総務省「車車間通信技術を活用したネットワーク構築に関する研究開発」産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 504133110
 国立大学法人電気通信大学
 東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1

(74) 代理人 100082131
 弁理士 稲本 義雄

(74) 代理人 100121131
 弁理士 西川 孝

(72) 発明者 藤井 威生
 東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内

(72) 発明者 稲毛 契
 東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線通信装置、無線通信方法、および無線通信ネットワーク

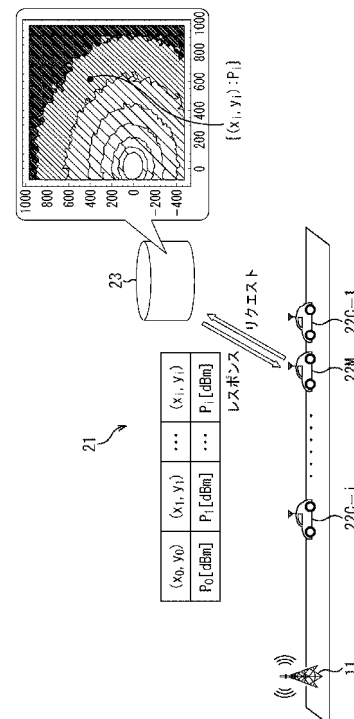
(57) 【要約】

【課題】周波数センシングの検出性能を向上する。

【解決手段】マスターノードは、プライマリ信号のセンシングを協調して行う所定数の協調ノードから、協調ノードの現在位置、および協調ノードで観測されたプライマリ信号の受信信号電力を含む観測データを取得し、過去の平均受信電力を蓄積するデータベースから、所定数の協調ノードの現在位置に対応する平均受信電力を取得する。そして、マスターノードは、所定数の平均受信電力を用いて協調ノードごとの重み係数を算出し、受信信号電力を重み係数に基づいて重み付けして検定統計量を算出して、その検定統計量に基づいてプライマリ信号の有無を判定する。本技術は、例えば、コグニティブ無線を利用して通信を行う無線通信ネットワークに適用できる。

【選択図】 図4

図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

プライマリユーザから出力されるプライマリ信号のセンシングを協調して行う所定数の協調ノードから、前記協調ノードの現在位置、および前記協調ノードで検出された前記プライマリ信号の検出結果を少なくとも含む観測データを取得する観測データ取得部と、

所定の領域における観測位置ごとの過去の前記検出結果を用いて求められた統計情報を蓄積するデータベースから、所定数の前記協調ノードの現在位置に応じた前記観測位置に対応付けられている前記統計情報を取得する統計情報取得部と、

所定数の前記統計情報を用いて、前記協調ノードごとの重み係数を算出する重み係数演算部と、

前記観測データに含まれる前記検出結果を、前記重み係数に基づいて重み付けすることにより判定値を算出する判定値算出部と、

前記判定値に基づいて前記プライマリ信号の有無を判定し、その判定結果を取得する判定部と

を備える無線通信装置。

【請求項 2】

前記データベースに蓄積されている前記統計情報は、過去の前記検出結果の平均値を含む

請求項 1 に記載の無線通信装置。

【請求項 3】

前記データベースに蓄積されている前記統計情報は、前記観測データの時間軸に対する分布情報を含む

請求項 1 または 2 に記載の無線通信装置。

【請求項 4】

前記協調ノードから取得される前記プライマリ信号の検出結果は、前記協調ノードが受信した前記プライマリ信号の受信信号電力である

請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の無線通信装置。

【請求項 5】

前記協調ノードから取得される前記プライマリ信号の検出結果は、前記協調ノードが受信した前記プライマリ信号の特徴量である

請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の無線通信装置。

【請求項 6】

プライマリユーザから出力されるプライマリ信号のセンシングを協調して行う所定数の協調ノードから、前記協調ノードの現在位置、および前記協調ノードで検出された前記プライマリ信号の検出結果を少なくとも含む観測データを取得し、

所定の領域における観測位置ごとの過去の前記検出結果を用いて求められた統計情報を蓄積するデータベースから、所定数の前記協調ノードの現在位置に応じた前記観測位置に対応付けられている前記統計情報を取得し、

所定数の前記統計情報を用いて、前記協調ノードごとの重み係数を算出し、

前記観測データに含まれる前記検出結果を、前記重み係数に基づいて重み付けすることにより判定値を算出し、

前記判定値に基づいて前記プライマリ信号の有無を判定し、その判定結果を取得するステップを含む無線通信方法。

【請求項 7】

プライマリユーザから出力されるプライマリ信号を検出した検出結果を提供し、前記プライマリ信号のセンシングを協調して行う所定数の協調ノードと、

所定の領域における観測位置ごとの過去の検出結果を用いて求められた統計情報を蓄積するデータベースと、

所定数の前記協調ノードから提供される前記検出結果に基づいて前記プライマリユーザの通信状態を把握するマスターノードと

10

20

30

40

50

を備え、

前記マスターノードは、

所定数の前記協調ノードから、前記協調ノードの現在位置、および前記協調ノードで検出された前記プライマリ信号の検出結果を少なくとも含む観測データを取得する観測データ取得部と、

前記データベースから、所定数の前記協調ノードの現在位置に応じた前記観測位置に対応付けられている前記統計情報を取得する統計情報取得部と、

所定数の前記統計情報を用いて、前記協調ノードごとの重み係数を算出する重み係数演算部と、

前記観測データに含まれる前記検出結果を、前記重み係数に基づいて重み付けすることにより判定値を算出する判定値算出部と、

前記判定値に基づいて前記プライマリ信号の有無を判定し、その判定結果を取得する判定部と

を有する無線通信ネットワーク。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、無線通信装置、無線通信方法、および無線通信ネットワークに関し、特に、周波数センシングの検出性能を向上することができるようにした無線通信装置、無線通信方法、および無線通信ネットワークに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、車両の安全性を向上することや、いたるところにコンピュータが存在して人間がいつでもどこでもコンピュータにアクセス可能なユビキタス社会を実現することなどに対する有効な手段として、ITS (Intelligent Transport Systems : 高度道路交通システム) が注目されている。

【0003】

ITSでは、情報通信技術を用いて、人や道路、車両などをネットワーク化し、事故や渋滞、環境対策などの道路交通に起因する様々な問題を解決することが期待されている。また、将来的には、ITSで利用されるアプリケーションが新規に増加することが想定されており、ITSで利用する通信帯域を確保することが必要となる。ところが、無線通信の多様化に伴って周波数資源が逼迫していることより、ITSにおいて新規アプリケーションで利用する周波数を割り当てることが困難となっている。

【0004】

これに対し、周波数の利用効率を向上させるために、無線通信に利用する周波数を、電波の使用状況に応じて選択する無線通信方法であるコグニティブ無線 (Cognitive radio) を適用することが検討されている。

【0005】

コグニティブ無線においては、周辺無線環境を自律的に認識し、無線パラメータを設定または変更することで周波数帯域が共用される。例えば、コグニティブ無線では、テレビ放送や業務用無線、携帯電話などのプライマリユーザに割り当てられた周波数帯域の時間的および空間的な空き帯域 (ホワイトスペース) を、セカンダリユーザが二次的に利用することで、帯域利用の高効率化が図られる。このように、コグニティブ無線を利用することによって、ITSにおいて新規アプリケーションで利用する周波数帯域を確保することが期待されている。

【0006】

そこで近年、コグニティブ無線について、様々な技術の開発が進められている。

【0007】

例えば、特許文献1には、無線通信装置の周辺状況と、所定の通信パラメータを用いて通信した場合の通信性能とを関連付けて記憶する学習データベースを参照して、周辺状況

10

20

30

40

50

に応じて適切な通信パラメータを選択することができる無線通信装置が開示されている。また、特許文献2には、周波数ごとのホワイトスペースを管理するデータベースを利用して、通信に利用する周波数を適切に決定することができるコグニティブ無線システムが開示されている。また、特許文献3には、通信環境およびチャネルの性能に関する情報をデータベースに格納しておき、現在の状況と対応する過去の事例に基づいて、車両通信におけるダイナミックスペクトラムアクセスを最適化する方法が開示されている。

【0008】

ところで、コグニティブ無線においては、プライマリユーザに使用されている帯域がセカンダリユーザに使用されることを回避しなければならない、プライマリユーザの通信状態を把握することが重要である。例えば、プライマリユーザから出力されているプライマリ信号をセカンダリユーザが受信した際の受信信号電力に基づいて評価指標を計算し、プライマリ信号の有無を検知する周波数センシングを行うことにより、プライマリユーザの通信状態を把握することができる。

10

【0009】

具体的には、周波数センシングでは、セカンダリユーザが検出した受信信号電力から、統計学的検定に用いる統計量である検定統計量 T を算出し、算出した検定統計量 T と閾値とを比較して、プライマリ信号の有無が判定される。つまり、検定統計量 T が閾値より大である場合($T > \quad$)、プライマリ信号があると判定することができる。

【0010】

また、既存の周波数センシングの手法は、単独センシングおよび協調センシングの2種類の形態に分類される。

20

【0011】

例えば、単独センシングにおいては、セカンダリユーザの無線通信装置(以下適宜、観測ノードと称する)が単体で、プライマリユーザの通信状態を把握する処理が行われる。ところが、単独センシングでは、プライマリユーザと観測ノードとの間に遮蔽物がある場合には、フェージングやシャドウィングの影響によってプライマリ信号が減衰するため、観測ノードは、プライマリ信号がないと誤判定することがあった。

【0012】

これに対し、協調センシングにおいては、複数の観測ノードが配置される協調範囲においてプライマリユーザの通信状態を把握する処理が行われる。そして、その処理を統括する観測ノードであるマスターノードが、その他の複数の観測ノード(以下適宜、協調ノードと称する)において検出された受信信号電力に基づいて、プライマリ信号の有無を判定する。これにより、協調センシングでは、フェージングやシャドウィングなどの影響をダイバーシチ効果によって低減することができ、単独センシングよりも正確にプライマリユーザの通信状態を把握することができる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0013】

【特許文献1】特開2013-51520号公報

【特許文献2】特開2013-106155号公報

【特許文献3】特開2013-106343号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

ところで、車両などの移動体においてコグニティブ無線を利用する場合、協調ノードの分布が道路依存であること、高い相関値を持つシャドウィング分布を持つこと、さらに、観測ノードが移動するのに伴って受信環境が瞬時的に変化することがある。そのため、協調センシングを行っても、プライマリユーザの統計的な通信状態を把握することが困難であり、周波数センシングの検出性能が低下することがあった。

【0015】

50

本開示は、このような状況に鑑みてなされたものであり、周波数センシングの検出性能を向上することができるようにするものである。

【課題を解決するための手段】

【0016】

本開示の一側面の無線通信装置は、プライマリユーザから出力されるプライマリ信号のセンシングを協調して行う所定数の協調ノードから、前記協調ノードの現在位置、および前記協調ノードで検出された前記プライマリ信号の検出結果を少なくとも含む観測データを取得する観測データ取得部と、所定の領域における観測位置ごとの過去の前記検出結果を用いて求められた統計情報を蓄積するデータベースから、所定数の前記協調ノードの現在位置に応じた前記観測位置に対応付けられている前記統計情報を取得する統計情報取得部と、所定数の前記統計情報を用いて、前記協調ノードごとの重み係数を算出する重み係数演算部と、前記観測データに含まれる前記検出結果を、前記重み係数に基づいて重み付けすることにより判定値を算出する判定値算出部と、前記判定値に基づいて前記プライマリ信号の有無を判定し、その判定結果を取得する判定部とを備える。

10

【0017】

本開示の一側面の無線通信方法は、プライマリユーザから出力されるプライマリ信号のセンシングを協調して行う所定数の協調ノードから、前記協調ノードの現在位置、および前記協調ノードで検出された前記プライマリ信号の検出結果を少なくとも含む観測データを取得し、所定の領域における観測位置ごとの過去の前記検出結果を用いて求められた統計情報を蓄積するデータベースから、所定数の前記協調ノードの現在位置に応じた前記観測位置に対応付けられている前記統計情報を取得し、所定数の前記統計情報を用いて、前記協調ノードごとの重み係数を算出し、前記観測データに含まれる前記検出結果を、前記重み係数に基づいて重み付けすることにより判定値を算出し、前記判定値に基づいて前記プライマリ信号の有無を判定し、その判定結果を取得するステップを含む。

20

【0018】

本開示の一側面の無線通信ネットワークは、プライマリユーザから出力されるプライマリ信号を検出した検出結果を提供し、前記プライマリ信号のセンシングを協調して行う所定数の協調ノードと、所定の領域における観測位置ごとの過去の検出結果を用いて求められた統計情報を蓄積するデータベースと、所定数の前記協調ノードから提供される前記検出結果に基づいて前記プライマリユーザの通信状態を把握するマスターノードとを備え、前記マスターノードは、所定数の前記協調ノードから、前記協調ノードの現在位置、および前記協調ノードで検出された前記プライマリ信号の検出結果を少なくとも含む観測データを取得する観測データ取得部と、前記データベースから、所定数の前記協調ノードの現在位置に応じた前記観測位置に対応付けられている前記統計情報を取得する統計情報取得部と、所定数の前記統計情報を用いて、前記協調ノードごとの重み係数を算出する重み係数演算部と、前記観測データに含まれる前記検出結果を、前記重み係数に基づいて重み付けすることにより判定値を算出する判定値算出部と、前記判定値に基づいて前記プライマリ信号の有無を判定し、その判定結果を取得する判定部とを有する。

30

【0019】

本開示の一側面においては、所定数の協調ノードから、協調ノードの現在位置、および協調ノードで検出されたプライマリ信号の検出結果を少なくとも含む観測データが取得され、データベースから、所定数の協調ノードの現在位置に応じた観測位置に対応付けられている統計情報が取得される。そして、所定数の統計情報を用いて、協調ノードごとの重み係数が算出され、観測データに含まれる検出結果を、重み係数に基づいて重み付けすることにより判定値が算出されて、判定値に基づいてプライマリ信号の有無が判定され、その判定結果が取得される。

40

【発明の効果】

【0020】

本開示の一側面によれば、周波数センシングの検出性能を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 2 1 】

【図 1】車両間の無線通信ネットワークにおける協調センシングについて説明する図である。

【図 2】シャドウィングの影響を説明する図である。

【図 3】観測データの継続的な蓄積について説明する図である。

【図 4】データベースに連携して行われる重み付け協調センシングについて説明する図である。

【図 5】本技術を適用した無線通信ネットワークの一実施の形態の構成例を示すブロック図である。

【図 6】マスターノードである車両において行われるプライマリ信号の検出処理について説明するフローチャートである。 10

【図 7】センシング性能のシミュレーションについて説明する図である。

【図 8】検出境界を探索するシミュレーション結果を示す図である。

【図 9】協調センシングおよび重み付け協調センシングにおけるセンシング性能の改善度を示す図である。

【図 10】協調センシングおよび重み付け協調センシングにおけるセンシング性能の改善度を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 2 】

以下、本技術を適用した具体的な実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。 20

【 0 0 2 3 】

まず、図 1 および図 2 を参照して、本技術による協調センシングを車両間の無線通信ネットワークに適用した例について説明する。

【 0 0 2 4 】

図 1 および図 2 に示すように、プライマリユーザの送信機 1 1 からプライマリ信号が送信され、セカンダリユーザである車両 1 2 が道路上を走行している状態で、複数台の車両 1 2 が配置された観測範囲において協調センシングが行われる。図 1 および図 2 の例では、マスターノードとなる車両 1 2 M に、協調ノードとなる 5 台の車両 1 2 C - 1 乃至 1 2 C - 5 において検出された受信信号電力が提供される。 30

【 0 0 2 5 】

また、図 1 および図 2 には、送信機 1 1 からの相対距離と、送信機 1 1 から送信されるプライマリ信号の受信信号電力との関係の例が示されている。例えば、図 1 に示すように、受信信号電力は、相対距離が大きくなるのに従って減衰する。また、図 2 に示すように、遮蔽物がある場合には、シャドウィングの影響により受信信号電力が部分的に減衰する。

【 0 0 2 6 】

そして、車両 1 2 M が、車両 1 2 C - 1 乃至 1 2 C - 5 から提供される受信信号電力を用いて検定統計量 T を算出することにより、協調センシングが行われる。

【 0 0 2 7 】

ここで、受信信号電力とノイズ電力との比率である信号対雑音比 SNR (Signal-to-Noise Ratio) について、車両 1 2 M よりも相対距離が小さな車両 1 2 C - 1 乃至 1 2 C - 3 における信号対雑音比 SNR は、車両 1 2 M における信号対雑音比 SNR よりも高くなる。これに対し、車両 1 2 M よりも相対距離が大きな車両 1 2 C - 4 および 1 2 C - 5 における信号対雑音比 SNR は、車両 1 2 M における信号対雑音比 SNR よりも低くなる。従って、信号対雑音比 SNR の低い車両 1 2 C - 4 および 1 2 C - 5 から提供される受信信号電力を使用することによって、車両 1 2 M において算出される検定統計量 T が劣化することになる。 40

【 0 0 2 8 】

また、車両 1 2 が移動していることによって、送信機 1 1 に対する位置が変化する場合、車両 1 2 M よりも相対距離が小さな車両 1 2 C - 2 および 1 2 C - 3 であっても、図 2 50

に示すように、シャドウィングの影響により受信信号電力が瞬時的に減衰することがある。従って、シャドウィングの影響により受信信号電力が減衰した車両 12C - 2 および 12C - 3 から提供される受信信号電力を使用することによって、車両 12M において算出される検定統計量 T が劣化することになる。

【0029】

このように、受信信号電力の距離的な減衰、または、受信信号電力の瞬時的な減衰によって、協調センシングを行っても、プライマリユーザの統計的な通信状態を把握することが困難となることがある。

【0030】

そこで、本願では、データベースによる統計情報の活用することによって、プライマリユーザの統計的な通信状態を正確に把握し、協調センシングにおける検出性能を向上することを提案する。

10

【0031】

図3および図4を参照して、データベースによる統計情報の活用について説明する。図3および図4に示すように、無線通信ネットワーク21は、複数台の車両22およびデータベース23から構成される。

【0032】

まず、図3に示すように、無線通信ネットワーク21では、任意のエリアにおけるプライマリ信号の受信状態が継続的に記録される。即ち、車両22は、自身の現在位置を示す観測位置 (x, y) と、自身が受信したプライマリ信号の受信信号電力 u とを含む観測データ D をデータベース23に提供し、データベース23は、観測データ D を継続的に蓄積する。なお、受信信号電力 u として、車両22が所定期間内において受信したプライマリ信号の電力の平均値を用いることができる。

20

【0033】

例えば、図3の例では、車両22 - 1は、観測位置 (x_1, y_1) と受信信号電力 u_1 とを含む観測データ D_1 をデータベース23に提供する。また、車両22 - 2は、観測位置 (x_2, y_2) と受信信号電力 u_2 とを含む観測データ D_2 をデータベース23に提供し、車両22 - 3は、観測位置 (x_3, y_3) と受信信号電力 u_3 とを含む観測データ D_3 をデータベース23に提供する。

【0034】

これにより、データベース23は、所定の観測位置 (x_i, y_i) ごとに過去に観測された受信信号電力 u_i の平均値を求め、観測位置 (x_i, y_i) における平均受信電力 P_i を把握する。即ち、データベース23は、車両22から観測データ D が新たに提供されると、その観測データ D の観測位置 (x, y) に対応付けられている平均受信電力 P を、新たに提供された観測データ D の受信信号電力 u を含めて平均値を算出し、更新する。例えば、データベース23に蓄積される平均受信電力 P は、周波数共用を実施していない車両22（セカンダリユーザ）から提供される観測データ D により逐次更新される。

30

【0035】

そして、データベース23に蓄積されている各観測エリアにおける過去の統計情報が、協調センシングを行うときに活用される。

40

【0036】

例えば、図4に示すように、マスターノードである車両22Mは、所定の観測位置 (x_i, y_i) をデータベース23に通知して平均受信電力 P_i をリクエストし、データベース23は、レスポンスとして平均受信電力 P_i を車両22Mに提供する。

【0037】

例えば、まず、車両22Mは、車両22M自身の現在位置に対応する観測位置 (x_0, y_0) をデータベース23に通知して平均受信電力 P_0 をリクエストし、データベース23は、レスポンスとして平均受信電力 P_0 を車両22Mに提供する。次に、車両22Mは、協調センシングを行う所定の車両22C - i の現在位置に対応する観測位置 (x_i, y_i) をデータベース23に通知して平均受信電力 P_i をリクエストし、データベース23

50

は、レスポンスとして平均受信電力 P_i を車両 22M に提供する。同様に、車両 22M は、協調センシングを行う車両 22C の台数に応じてリクエストを繰り返し、例えば、N 台の車両 22C - 1 乃至 22C - N で協調センシングを行う場合には、N 個の平均受信電力 P_1 乃至 P_N を取得する。なお、このように平均受信電力 P_1 乃至 P_N を取得する取得方法は、取得方法の一例であって、他の取得方法、例えば、車両 22M の周囲の平均電力情報をまとめて取得するなど、範囲を決めた取得方法を採用することができる。

【0038】

そして、車両 22M は、協調センシングを行う N 台の車両 22C - 1 乃至 22C - N から提供される受信信号電力 u_1 乃至 u_N を用いて、検定統計量 T を算出する。このとき、車両 22M は、データベース 23 から提供された N 台の車両 22C - 1 乃至 22C - N それぞれの存在位置における平均受信電力 P_1 乃至 P_N に従った重み付けを行う。

10

【0039】

即ち、車両 22M は、次の式 (1) に従って重み係数 W_i を算出する。そして、車両 22M は、次の式 (2) に従って、重み係数 W_i に基づいて受信信号電力 u_i が重み付けされた検定統計量 T を算出する。

【0040】

【数 1】

$$W_i = \frac{10^{\frac{P_i}{10}}}{\sum_{j=1}^N 10^{\frac{P_j}{10}}} \quad \dots (1)$$

20

【数 2】

$$T = \sum_{i=1}^N W_i \cdot u_i \quad \dots (2)$$

【0041】

但し、式 (1) および式 (2) において、 i はノード番号 ($i = 1, 2, \dots, N$) であり、 W_i は重み係数であり、 P_i は平均受信電力 [dBm] であり、 u_i は受信信号電力であり、T は検定統計量である。

30

【0042】

式 (1) に示すように、重み係数 W_i は、プライマリ信号の減衰量が少ないと大きな値となり、プライマリ信号の減衰量が多いと小さな値となる。従って、式 (2) に従って求められる検定統計量 T は、減衰量が小さなプライマリ信号の重みが大きくなるように重み付けが行われる。従って、減衰量が小さなプライマリ信号を優先的に活用することができる。

【0043】

次に、図 5 は、本技術を適用した無線通信ネットワーク 21 の一実施の形態の構成例を示すブロック図である。

40

【0044】

図 5 に示すように、無線通信ネットワーク 21 は、データベース 23、N 台の車両 22C - 1 乃至 22C - N、および車両 22M が互いに通信を行うことにより構成される。

【0045】

データベース 23 は、通信部 31、更新部 32、格納部 33、および提供部 34 を備えて構成される。

【0046】

通信部 31 は、例えば、図 3 を参照して上述したように、観測位置 (x, y) と受信信号電力 u とを含む観測データ D が車両 22 から提供されると、その観測データ D を取得して更新部 32 に供給する。また、通信部 31 は、車両 22M と通信を行い、車両 22M が

50

ら観測位置 (x_i, y_i) が通知されて平均受信電力 P_i がリクエストされると、そのリクエストに応じるように提供部 3 4 に要求する。

【0047】

更新部 3 2 は、通信部 3 1 から観測データ D が供給されると、その観測データ D に含まれる観測位置 (x, y) に対応付けられている平均受信電力 P を格納部 3 3 から読み出す。そして、更新部 3 2 は、新たに提供された観測データ D に含まれる受信信号電力 u と、格納部 3 3 から読み出した平均受信電力 P との平均値を算出し、平均受信電力 P を更新して格納部 3 3 に格納する。

【0048】

格納部 3 3 には、観測位置 (x, y) に対応付けられて平均受信電力 P が格納される。

10

【0049】

提供部 3 4 は、通信部 3 1 の要求に従って、車両 2 2 M から通知された観測位置 (x_i, y_i) に対応付けられている平均受信電力 P_i を格納部 3 3 から読み出して、通信部 3 1 を介して車両 2 2 M に提供する。

【0050】

車両 2 2 C - 1 乃至 2 2 C - N は、通信部 4 1 - 1 乃至 4 1 - N、および検出部 4 2 - 1 乃至 4 2 - N をそれぞれ備えて構成される。なお、車両 2 2 C - 1 乃至 2 2 C - N は同様に構成されており、ここでは車両 2 2 C - i の構成について説明し、それ以外の車両 2 2 C の構成についての説明は省略する。

【0051】

通信部 4 1 - i は、車両 2 2 M と通信を行い、車両 2 2 M から観測データ D_i がリクエストされると、そのリクエストに応じて、観測位置 (x_i, y_i) および受信信号電力 u_i の検出を検出部 4 2 - i に要求する。

20

【0052】

検出部 4 2 - i は、通信部 4 1 - i の要求に従って、図示しない位置センサから観測位置 (x_i, y_i) を検出するとともに、図示しないアンテナで受信されたプライマリ信号の受信信号電力 u_i を検出する。そして、検出部 4 2 - i は、検出した観測位置 (x_i, y_i) および受信信号電力 u_i を含む観測データ D_i を、通信部 4 1 - i を介して車両 2 2 M に提供する。

【0053】

車両 2 2 M は、通信部 5 1、検出部 5 2、演算部 5 3、および制御部 5 4 を備えて構成される。

30

【0054】

通信部 5 1 は、車両 2 2 C - 1 乃至 2 2 C - N およびデータベース 2 3 と通信と行う。例えば、通信部 5 1 は、車両 2 2 C - i に対して観測データ D_i をリクエストし、車両 2 2 C - i から送信されてくる観測データ D_i を取得する。そして、通信部 5 1 は、N 台の車両 2 2 C - 1 乃至 2 2 C - N から取得した観測データ D_1 乃至 D_N に含まれている受信信号電力 u_1 乃至 u_N を、演算部 5 3 に供給する。

【0055】

また、通信部 5 1 は、観測データ D_i に含まれている観測位置 (x_i, y_i) をデータベース 2 3 に通知して、観測位置 (x_i, y_i) に対応付けられている平均受信電力 P_i をリクエストし、データベース 2 3 から送信されてくる平均受信電力 P_i を取得する。そして、通信部 5 1 は、N 台の車両 2 2 C - 1 乃至 2 2 C - N それぞれの存在位置における平均受信電力 P_1 乃至 P_N を取得して、演算部 5 3 に供給する。

40

【0056】

検出部 5 2 は、制御部 5 4 の制御に従って、図示しない位置センサから車両 2 2 M の現在位置に対応する観測位置 (x_0, y_0) を検出するとともに、図示しないアンテナで受信されたプライマリ信号の受信信号電力 u_0 を検出して、制御部 5 4 に提供する。

【0057】

演算部 5 3 は、データベース 2 3 から取得した平均受信電力 P_1 乃至 P_N に従って、上

50

述した式(1)を演算し、重み係数 W_1 乃至 W_N を算出する。そして、演算部53は、上述した式(2)を演算し、N台の車両22C-1乃至22C-Nから取得した受信信号電力 u_1 乃至 u_N が、重み係数 W_1 乃至 W_N に基づいて重み付けられた検定統計量Tを算出し、制御部54に供給する。

【0058】

制御部54は、検定統計量Tを取得するために、通信部51、検出部52、および演算部53に対する制御を行う。そして、制御部54は、検定統計量Tと閾値との比較を行って、プライマリ信号の有無を判定し、プライマリ信号の検出結果を取得する。

【0059】

このように無線通信ネットワーク21は構成されており、受信信号電力 u_1 乃至 u_N が重み係数 W_1 乃至 W_N に基づいて重み付けされた検定統計量Tを用いて、プライマリ信号の有無が判定される。

10

【0060】

次に、図6のフローチャートを参照して、マスターノードである車両22Mにおいて行われるプライマリ信号の検出処理について説明する。

【0061】

例えば、車両22Mは、コグニティブ無線を利用した通信を行う前段においてプライマリ信号の検出処理を開始し、ステップS11において、協調センシングを行うN台の車両22C-1乃至22C-Nを特定するノード番号 i に、初期値として1をセットする。

【0062】

ステップS12において、通信部51は、制御部54の制御に従って、ノード番号 i の車両22C- i に対して、観測データ D_i をリクエストする。

20

【0063】

通信部51は、車両22C- i から観測データ D_i が送信されてくるまで処理を待機し、ステップS13において、車両22C- i から送信されてくる観測データ D_i を取得する。そして、通信部51は、取得した観測データ D_i に含まれている受信信号電力 u_i を演算部53に供給する。

【0064】

ステップS14において、通信部51は、ステップS12で取得した観測データ D_i に含まれている観測位置(x_i, y_i)をデータベース23に通知して、観測位置(x_i, y_i)に対応付けられている平均受信電力 P_i をリクエストする。

30

【0065】

通信部51は、データベース23から平均受信電力 P_i が送信されてくるまで処理を待機し、ステップS15において、データベース23から送信されてくる平均受信電力 P_i を取得する。そして、通信部51は、取得した平均受信電力 P_i を演算部53に供給する。

【0066】

ステップS16において、制御部54は、ノード番号 i がNであるか否かを判定する。

【0067】

ステップS16において、制御部54が、ノード番号 i がNでないと判定した場合、即ち、協調センシングを行うN台の車両22C-1乃至22C-Nについて受信信号電力 u および平均受信電力 P を全て取得していない場合、処理はステップS17に進む。

40

【0068】

ステップS17において、制御部54は、ノード番号 i をインクリメントし($i = i + 1$)、処理はステップS12に戻り、次の車両22C- i を処理の対象として、以下、同様の処理が繰り返される。

【0069】

一方、ステップS16において、制御部54が、ノード番号 i がNであると判定した場合、処理はステップS18に進む。即ち、この場合、協調センシングを行うN台の車両22C-1乃至22C-Nについて受信信号電力 u および平均受信電力 P を全て取得してい

50

る。

【0070】

ステップS18において、演算部53は、ステップS15で取得した平均受信電力 P_1 乃至 P_N に従って、上述した式(1)を演算し、重み係数 W_1 乃至 W_N を算出する。

【0071】

ステップS19において、演算部53は、ステップS18で算出した重み係数 W_1 乃至 W_N 、および、ステップS13で取得した受信信号電力 u_1 乃至 u_N を用いて、上述した式(2)を演算し、検定統計量 T を算出する。

【0072】

ステップS20において、制御部54は、ステップS19で演算部53により算出された検定統計量 T と閾値 γ とを比較し、検定統計量 T は閾値 γ 以上であるか否かを判定する。

10

【0073】

ステップS20において、制御部54が、検定統計量 T は閾値 γ 以上でない(未満である)と判定した場合、処理はステップS21に進み、制御部54は、プライマリ信号は送信されていないという判定結果を取得する。

【0074】

一方、ステップS20において、制御部54が、検定統計量 T は閾値 γ 以上であると判定した場合、処理はステップS22に進み、制御部54は、プライマリ信号は送信されているという判定結果を取得する。

20

【0075】

そして、ステップS21またはS22の処理後、プライマリ信号の検出処理は終了する。なお、ステップS21またはS22で制御部54が取得した判定結果は、後段の処理において、例えば、コグニティブ無線を利用して通信を行う通信部により参照される。

【0076】

以上のように、車両22Mにおいて行われるプライマリ信号の検出処理では、重み係数 W_1 乃至 W_N に基づいて受信信号電力 u_1 乃至 u_N が重み付けされた検定統計量 T を用いてプライマリ信号の有無を判定することができる。これにより、例えば、受信信号電力 u の距離的な減衰、または、受信信号電力 u の瞬時的な減衰がある観測位置に居る車両12Cから取得した受信信号電力 u を低く重み付けすることができる。従って、このような減衰のある受信信号電力 u による影響を抑制することができ、より正確に、プライマリ信号の有無を判定することができ、プライマリ信号の検出性能を向上させることができる。なお、このような検出処理による周波数センシングを、以下、重み付け協調センシングと称する。

30

【0077】

次に、単独センシング、協調センシング、および重み付け協調センシングにおけるセンシング性能のシミュレーションについて説明する。

【0078】

図7に示すように、プライマリユーザの送信機11を基準点とした $x-y$ 平面において、送信機11からプライマリ信号を送信したときに、破線で示されるような検出境界までの距離 D (図7の例では、送信機11から車両22Mまでの距離として示されている)が、送信機11に対する車両22Mの相対角度 θ ごとに探索される。例えば、検出境界は、マスターノードとなる車両22Mによりプライマリ信号の検出が成功した確率である検出成功確率 P_D が0.9を満たす信号対雑音比SNRとなる位置に設定される。

40

【0079】

そして、単独センシング、協調センシング、および重み付け協調センシングにおいて検出境界を探索するシミュレーションを行うことによりセンシング性能が比較される。また、協調センシングおよび重み付け協調センシングでは、ポワソン分布に応じて、協調ノードとなる車両22Cが発生するようにシミュレーションが行われ、例えば、15台程度の車両22Cが用いられる。

50

【 0 0 8 0 】

また、検定統計量 T との比較に用いられる閾値 γ は、次の式 (3) を満たすように設定される。

【 0 0 8 1 】

【 数 3 】

$$P_{fa} = \int P(T > \gamma | H_0) dT \quad \dots (3)$$

【 0 0 8 2 】

但し、式 (3) において、 P_{fa} は誤警報確率であり、検出成功確率 P_D が 0.9 を満たす条件であるとき、0.1 に設定される。また、 T は検定統計量であり、 H_0 は、プライマリユーザの通信状態である。

10

【 0 0 8 3 】

図 8 には、検出境界を探索するシミュレーション結果が示されている。

【 0 0 8 4 】

例えば、図 8 では、 x 軸方向へ一定間隔ごとに y 方向へ車両 2 2 M を移動させ、検出成功確率 P_D が 0.9 となったポイントがプロットされている。図 8 に示すように、重み付け協調センシングを行うことにより、協調センシングを行ったときよりも、検出境界を約 20 m 拡大することができる。

【 0 0 8 5 】

図 9 および図 10 には、協調センシングおよび重み付け協調センシングにおけるセンシング性能について、単独センシングに対する改善度が示されている。

20

【 0 0 8 6 】

例えば、図 9 では、送信機 1 1 を基準点とした一定距離 D (例えば、500 m) を半径として車両 2 2 M を移動させたときにおいて、送信機 1 1 に対する車両 2 2 M の相対角度ごとのセンシング性能の改善度がプロットされている。

【 0 0 8 7 】

また、図 10 には、送信機 1 1 を基準点とし、相対角度 θ を 0 [deg] で車両 2 2 M を移動させたときにおいて、送信機 1 1 に対する車両 2 2 M の相対距離 D ごとのセンシング性能の改善度がプロットされている。

【 0 0 8 8 】

ここで、協調センシングの改善度 [dB] は、協調センシングにおける検出成功確率 P_D が 0.9 を満たすときの信号対雑音比 SNR と、単独センシングにおける検出成功確率 P_D が 0.9 を満たすときの信号対雑音比 SNR との差分により求められる。同様に、重み付け協調センシングの改善度 [dB] は、重み付け協調センシングにおける検出成功確率 P_D が 0.9 を満たすときの信号対雑音比 SNR と、単独センシングにおける検出成功確率 P_D が 0.9 を満たすときの信号対雑音比 SNR との差分により求められる。

30

【 0 0 8 9 】

例えば、図 9 に示すように、重み付け協調センシングの改善度は、協調センシングの改善度よりも高く、具体的には、相対角度 θ が 0 [deg] であるときに改善度は 1.2 [dB] 高くなっている。同様に、図 10 に示すように、重み付け協調センシングの改善度は、協調センシングの改善度よりも高く、具体的には、相対距離 D が 500 [m] であるときに改善度は 1.0 [dB] 高くなっている。

40

【 0 0 9 0 】

以上のようなシミュレーションで示すように、重み付け協調センシングを用いることにより、プライマリユーザの統計的な通信状態を把握することができ、周波数センシングの検出性能の向上を図ることができる。

【 0 0 9 1 】

なお、本実施の形態では、車両 2 2 によりプライマリ信号の受信信号電力を検出し、受信信号電力から算出される検定統計量 T を用いて、プライマリ信号の有無を判定する例について説明したが、本技術は、受信信号電力を検出する電力検出法に限定されるものでは

50

ない。例えば、本技術には、特徴量検出法（周期定常性）および整合フィルタ法、または、それ以外の検出方法を適用することができる。

【0092】

例えば、特徴量検出法では、プライマリ信号が有する周期定常性に基づいて特徴量を検出することによって、プライマリ信号の有無が判定される。また、整合フィルタ法では、整合フィルタを用いてプライマリ信号のユニークワードとの相関処理を行うことによって、プライマリ信号の有無が判定される。このような特徴量検出法および整合フィルタ法、または、それ以外の検出方法を本技術に適用しても、上述した電力検出法と同様の効果を得ることができる。

【0093】

また、本実施の形態では、データベース23に平均受信電力Pが蓄積される例について説明したが、例えば、検定統計量T、または、平均受信電力Pおよび平均受信電力Pの分布情報がデータベース23に蓄積されるようにしてもよい。

【0094】

例えば、データベース23に平均受信電力Pが蓄積されている場合、上述したように、平均受信電力Pを用いて重み係数を算出することで、最終的な判定値（検定統計量T）を改善することができる。また、データベース23に平均受信電力Pおよび平均受信電力Pの分布情報が蓄積されている場合、平均受信電力Pのみでは表現できない確率的な振る舞いをより高度に推定することで細かな確率計算が可能となり、より一層の改善を見込むことができる。なお、平均受信電力Pおよび平均受信電力Pの分布情報の両方を用いて重み係数を算出する他、平均受信電力Pの分布情報のみを用いて重み係数を算出してもよい。この場合、平均受信電力Pの時間軸に対する分布情報のうち分散の大きい部分は除外する、若しくは分散の大きい部分には小さい重みを付与することで、最終的な判定値（検定統計量T）を得ることができる。

【0095】

なお、上述のフローチャートを参照して説明した各処理は、必ずしもフローチャートとして記載された順序に沿って時系列に処理する必要はなく、並列的あるいは個別に実行される処理（例えば、並列処理あるいはオブジェクトによる処理）も含むものである。

【0096】

なお、本実施の形態は、上述した車両に係る実施の形態に限定されるものではなく、協調センシングが利用できる無線環境下における移動物体に対して、本開示の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

【符号の説明】

【0097】

- 1 1 送信機
- 1 2 車両
- 2 1 無線通信ネットワーク
- 2 2 車両
- 2 3 データベース
- 3 1 通信部
- 3 2 更新部
- 3 3 格納部
- 3 4 提供部
- 4 1 通信部
- 4 2 検出部
- 5 1 通信部
- 5 2 検出部
- 5 3 演算部
- 5 4 制御部

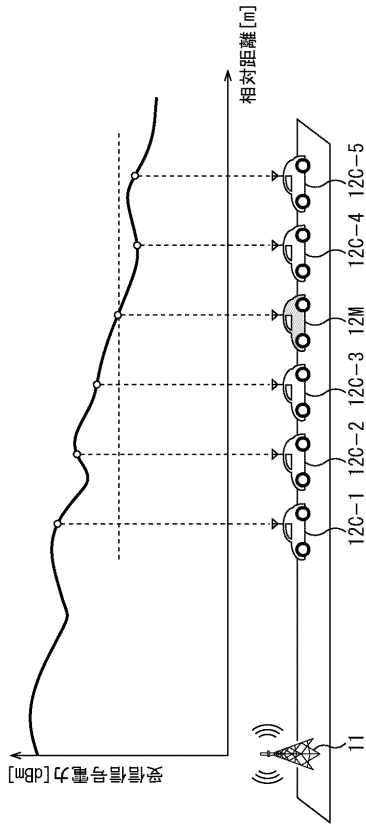
10

20

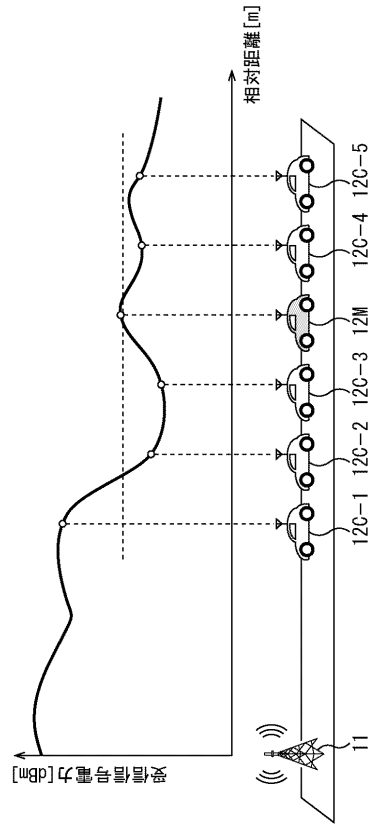
30

40

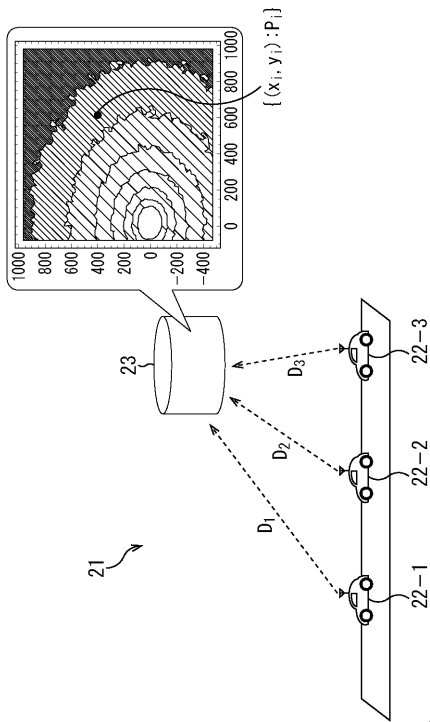
【図1】
図1



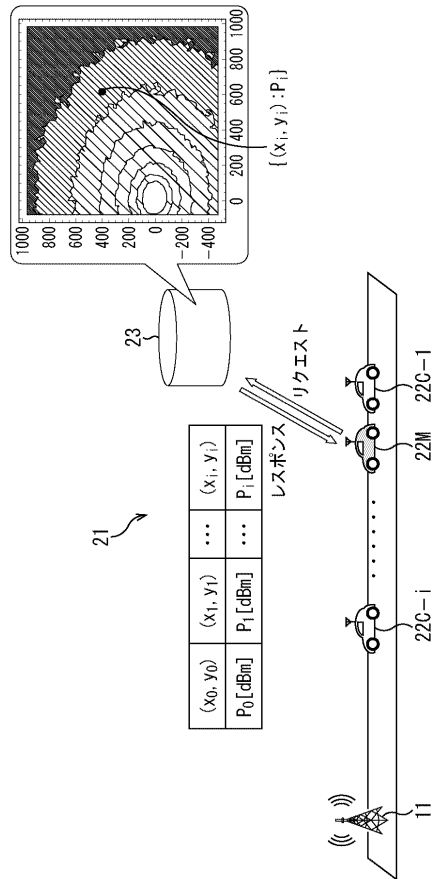
【図2】
図2



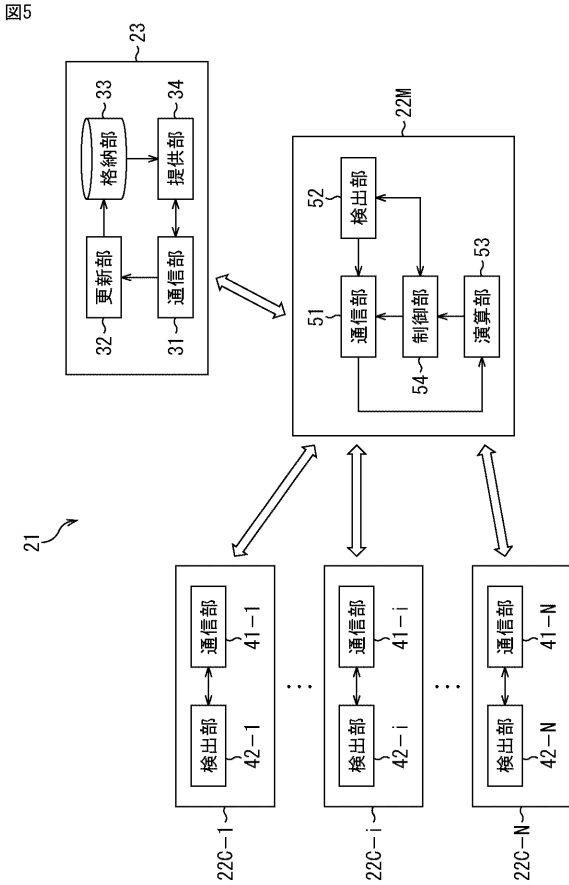
【図3】
図3



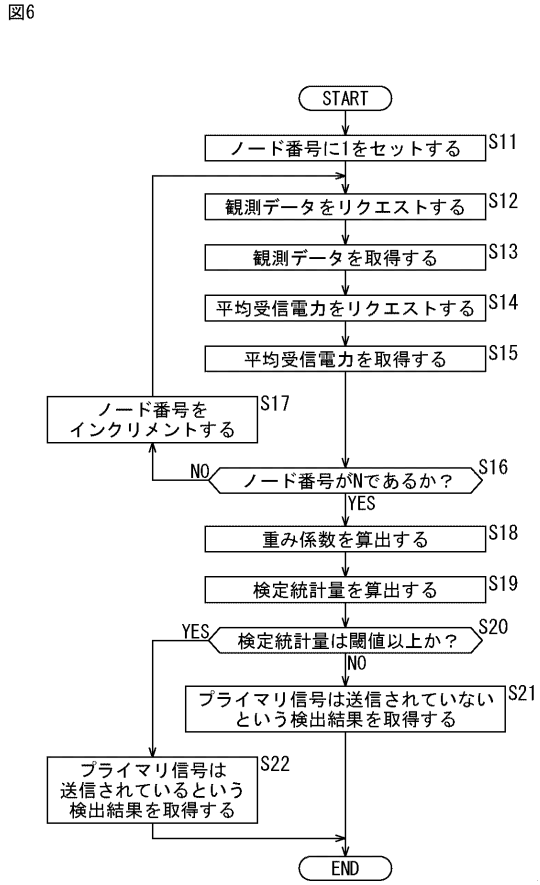
【図4】
図4



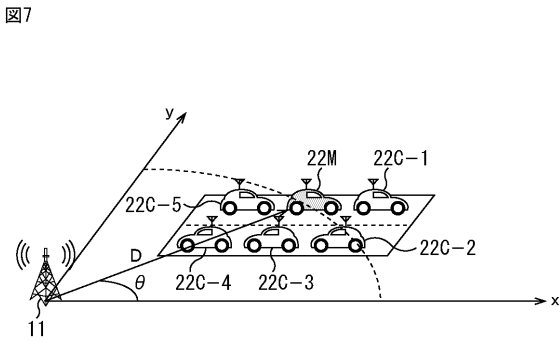
【図5】



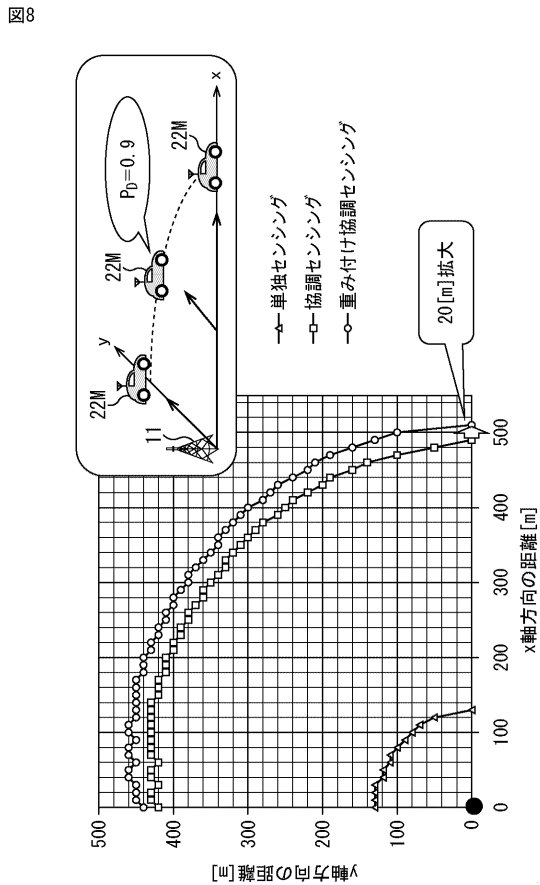
【図6】



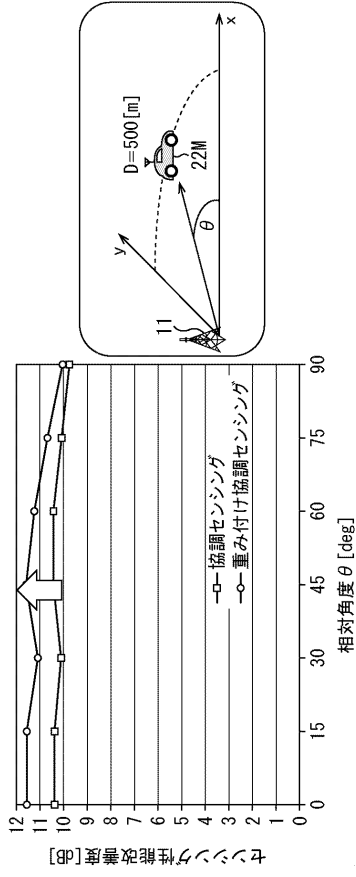
【図7】



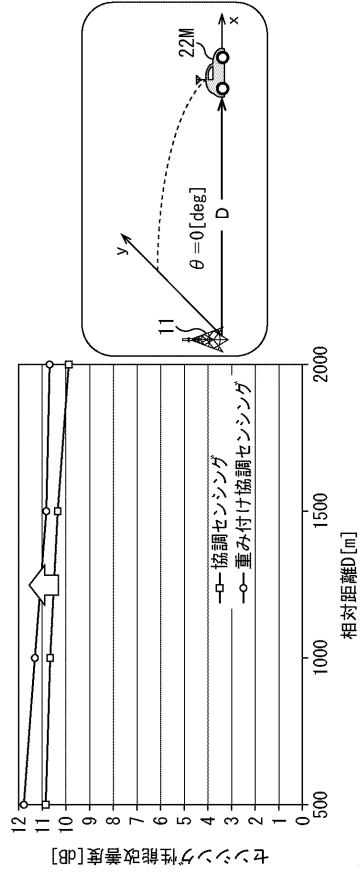
【図8】



【 図 9 】
図9



【 図 10 】
図10



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード(参考)
H 0 4 W 72/08	(2009.01)	H 0 4 W	4/04	1 1 3	
		H 0 4 W	72/08	1 1 0	

(72)発明者 大上 裕也

東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内

(72)発明者 北村 優行

東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内

Fターム(参考) 5H181 AA01 BB04

5K067 AA02 BB21 DD11 DD20 DD43 DD44 EE02 EE10 EE12 EE16
EE44 FF03 FF05 FF16 HH22 HH23 LL01