

明 細 書

発明の名称：

車両検出装置、車線制御システム、車両検出方法、及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、電子料金収受システムを利用した走行レーンを走行する車両を検出するための車両検出装置、車線制御システム、車両検出方法、及びプログラムに関する。

本願は、2013年10月23日に、日本に出願された特願2013-220277号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 有料道路の自動料金収受を目的とした電子料金収受システム（例えば、ETC（登録商標、Electronics Toll Collection System）は、ITS（Intelligent Transport Systems：高度交通システム）におけるアプリケーションとして注目されている。この電子料金収受システムは、料金所に設置された路側機と、車両に搭載した車載器との間の無線通信によって、通行料金を徴収することを可能としている。路側機は、各走行レーンと対応して設けられ、車載器と無線通信を行うための路側アンテナを含む。この路側アンテナは、対応する通信領域を含む走行レーンを走行する車両の車載器との無線通信によって、通行料金の徴収に必要な情報の送受信を行う。

[0003] この路側アンテナと車載器との間で通信を行う場合、路側アンテナが、対応する通信領域を含む走行レーン以外、例えば隣接する他の走行レーンを走行する車両の車載器からの電波も受信する可能性がある。

受信する電波の到来方向を検出する検出器を路側機に設け、検出した電波の到来方向に基づき、対応する通信領域を含む走行レーンからの電波であるか否かを判定し、隣接の走行レーンからの電波である場合、この電波を発信した車載器との通信を制限し、対象ではない車載器との誤通信を回避する技

術がある（例えば、特許文献 1 参照）。

また、対応する通信領域を含む走行レーン以外を走行する車両の車載器から発信される電波が、例えば料金所の天井などの路上構造物で反射して路側アンテナが受信することにより、対象でない車載器と誤通信してしまうことを防止するために、路上構造物に電波吸収パネルを設置する技術がある（例えば、特許文献 2 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開 2 0 1 2 － 2 4 7 9 5 8 号公報

特許文献2：特開 2 0 0 3 － 1 1 9 7 2 6 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献 1 の技術では、路側アンテナとの通信領域を含む走行レーン以外、例えば上記のとおり隣接する走行レーンを走行している車両の車載器から発信された電波が、走行レーンの天井や側壁等の路上構造物に反射すると、対象でない車載器と誤通信する場合がある。具体的には、対応する通信領域を含む走行レーン以外を走行する車両の車載器から発信された電波が路上構造物で反射され、最終的に対応する通信領域を含む走行レーンで反射した電波が当該路側アンテナに入射する場合がある。この場合、路側機側では方向検出器により電波の到来方向を検知することにより、対応する通信領域を含む走行レーンからの電波かどうかを判断しているため、最終的に対応する通信領域を含む走行レーンで反射した電波を、対応する通信領域を含む走行レーンを走行する車載器から発信された電波であると誤検知する可能性がある。

まだ、特許文献 2 の技術を利用して様々な路上構造物に対して電波吸収パネルを設置することも考えられるが、対象となる路上構造物の全てに対して電波吸収パネルを設置するためには膨大なコストがかかり現実的ではない。

[0006] 本発明は、対応する路側アンテナの通信領域を含む走行レーンを走行している車両を検出する際に、当該通信領域を含む走行レーン以外に位置する車載器が搭載された車両を当該アンテナで誤検出することを抑制することができる車両検出装置、車線制御システム、車両検出方法、及びプログラムを提供する。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の第一の態様によれば、車両検出装置は、複数の走行レーンのうち対象走行レーンと対応して設けられ、車両に搭載された車載器から発信される電波に基づいて、前記複数の走行レーンの中から前記対象走行レーンを走行する車両を検出する車両検出装置であって、前記車載器から受信した電波の到来方向を検出する方向検出部で検出された電波の到来方向に基づいて、前記方向検出部で検出された電波が前記対象走行レーン上から発信されたものとして、前記対象走行レーン上の推定発信位置を求める位置演算部と、前記位置演算部により求められた複数の前記推定発信位置に基づいて、前記推定発信位置の移動方向を検出する移動方向検出部と、前記移動方向検出部で検出された前記移動方向に基づいて、電波を発信した車両が前記対象走行レーンを走行する車両であるか否かを判定する走行レーン判定部とを備える。

[0008] 本発明の第二の態様によれば、第一の態様の車両検出装置において、前記走行レーン判定部は、前記移動方向検出部によって検出された前記移動方向が、前記対象走行レーンにおける進行方向に沿っている方向である場合、前記対象走行レーンを走行していると判定する。

[0009] 本発明の第三の態様によれば、第一または第二の態様の車両検出装置において、前記複数の走行レーンのうちのいずれか一つの前記対象走行レーンに対応して設けられており、前記位置演算部で求められた位置が、前記対象走行レーン上の定められた範囲内であるか否かを判定する位置判定部をさらに備え、前記移動方向検出部は、前記位置判定部で定められた範囲内であることが判定された前記推定発信位置に基づいて前記推定発信位置の移動方向を検出する。

- [0010] 本発明の第四の態様によれば、第一から第三の態様のうちいずれか一つの態様の車両検出装置において、前記走行レーン判定部によって前記対象走行レーンを走行していないと判定された前記車両に搭載された前記車載器との通信を制限する通信制御部をさらに備える。
- [0011] 本発明の第五の態様によれば、第一から第四の態様のうちいずれか一つの態様の車両検出装置において、前記移動方向検出部は、前記位置演算部により求められた複数の前記推定発信位置のうち少なくとも3つ以上の位置に基づいて、前記推定発信位置の移動方向を検出する。
- [0012] 本発明の第六の態様によれば、車両検出装置は、複数の走行レーンのうち対象走行レーンと対応して設けられ、車両に搭載された車載器から発信される電波に基づいて、前記複数の走行レーンの中から前記対象走行レーンを走行する前記車両を検出する車両検出装置であって、前記車載器から受信した電波の到来方向を検出する方向検出部で検出された電波の到来方向に基づいて、前記方向検出部で検出された電波が前記対象走行レーン上から発信されたものとして、前記対象走行レーン上の推定発信位置を求める位置演算部と、前記位置演算部により求められた複数の前記推定発信位置に基づいて、前記推定発信位置の移動方向を検出する移動方向検出部と、を備える。
- [0013] 本発明の第七の態様によれば、車線制御システムは、第一から第五の態様のうちいずれか一つの態様の車両検出装置と、前記車両検出装置と通信可能に接続され、前記走行レーン判定部によって前記対象走行レーンを走行していると判定された前記車載器から発信された電波に含まれる情報に基づき、所定の情報処理を実行する車線制御装置と、を備える。
- [0014] 本発明の第八の態様によれば、車両検出方法は、車両に搭載された車載器から発信される電波に基づいて、複数の走行レーンの中から対象走行レーンを走行する車両を検出する車両検出方法であって、前記車載器から受信した電波の到来方向に基づいて、前記電波が前記対象走行レーン上から発信されたものとして、前記対象走行レーン上の推定発信位置を求める位置演算ステップと、前記位置演算ステップにより求められた複数の前記推定発信位置に

基づいて、前記推定発信位置の移動方向を検出する移動方向検出ステップと、前記移動方向検出ステップにより検出された前記移動方向に基づいて、電波を発信した車両が前記対象走行レーンを走行する車両であるか否かを判定する走行レーン判定ステップとを備える。

[0015] 本発明の第九の態様によれば、プログラムは、車両に搭載された車載器から発信される電波に基づいて、複数の走行レーンのうち対象走行レーンを走行する車両を検出する車両検出装置を動作させるコンピュータを、前記車載器から受信した電波の到来方向を検出する方向検出部で検出された電波の到来方向に基づいて、前記方向検出部で検出された電波が前記対象走行レーン上から発信されたものとして、前記対象走行レーン上の推定発信位置を求める位置演算手段、前記位置演算手段により求められた複数の前記推定発信位置に基づいて、前記推定発信位置の移動方向を検出する移動方向検出手段、前記移動方向検出手段で検出された前記移動方向に基づいて、電波を発信した車両が前記対象走行レーンを走行する車両であるか否かを判定する走行レーン判定手段として機能させる。

発明の効果

[0016] 上記した車両検出装置、車線制御システム、車両検出方法、及びプログラムによれば、対応する路側アンテナの通信領域を含む走行レーンを走行している車両を検出する際に、当該通信領域を含む走行レーン以外に位置する車載器が搭載された車両を、当該アンテナで誤検出することを抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明の一実施形態に係る車両検出装置が利用可能な車線制御システムの一例を示す概略図である。

[図2]本発明の一実施形態に係る車両検出装置が利用可能な車線制御システムの構成例を示す概略図である。

[図3]本発明の一実施形態に係る車両検出装置の構成例を示すブロック図である。

[図4]水平角度 θ_H と垂直角度 θ_V と推定発信位置との関係を示す図である。

[図5]本発明の一実施形態に係る車両検出方法の一例を示すフローチャートである。

[図6]A O A アンテナが備えるアンテナ素子の配置の一例について説明するための図である。

[図7]A O A アンテナの構成例を示すブロック図である。

[図8]水平角度 θ_H と垂直角度 θ_V について説明するための図である。

[図9]推定発信位置の移動経路の一例を示す図である。

[図10]推定発信位置の移動経路の他の例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明の一実施形態に係る車両検出装置が利用可能な車線制御システムの一例について図面を参照して説明する。図1は、本発明の一実施形態に係る車両検出装置が利用可能な車線制御システムの一例を示す概略図である。

図1に示すように、料金所では、複数の走行レーン101, 102, 103…が並んで設けられている。図示の例において、走行レーン101, 102, 103は料金徴収の対象となる走行レーンであって、料金徴収は、走行レーンごとに行われる。つまり、各走行レーン101, 102, 103を走行する車両の車載器は、走行レーンごとに設けられたA O A アンテナ及び路側アンテナと通信することにより、料金が徴収される。図示の例では、走行レーン101に対応するA O A アンテナ104及び路側アンテナ105と、走行レーン102に対応するA O A アンテナ1042及び路側アンテナ1052とが、ガントリ110に設けられている。この走行レーン101を車両201が走行しており、走行レーン102を車両202が走行しており、走行レーン103を車両203が走行している。各車両201, 202, 203には、車載器301, 302, 303がそれぞれ搭載されている。

[0019] 本実施形態において、路側機は、ガントリ110と、A O A アンテナ104と、路側アンテナ105と、車両検出装置106（図2参照）と、中継装

置 107 (図 2 参照) とを含む。本実施形態において、路側機は、走行レーンに対応して設けられており、ガントリ 110 と、AOA アンテナ 104 と、路側アンテナ 105 と、車両検出装置 106 (図 2 参照) と、中継装置 107 (図 2 参照) とは、走行レーン 101 と対応する路側機の構成である。走行レーン 102 にも、全ての構成の図示は省略するが、ガントリ 110 に搭載された AOA アンテナ 104 2 と路側アンテナ 105 2 と車両検出装置と中継装置とを含む路側機が設けられている。ガントリ 110 は、走行レーン 101, 102 の路側機が共有する構成である。

図示の例では、ガントリ 110 が走行レーン 101, 102 を跨ぐように設けられており、このガントリ 110 には、AOA (Angle Of Arrival) アンテナ 104, 104 2 (方向検出部) と、路側アンテナ 105, 105 2 とが取り付けられている。また、AOA アンテナ 104 と路側アンテナ 105 は、走行レーン 101 と対応して、当該走行レーン 101 の上方の幅方向中央部に設置されており、AOA アンテナ 104 2 と路側アンテナ 105 2 は、走行レーン 102 と対応して、当該走行レーン 102 の上方の幅方向中央部に設置されている。

また、図 1 の例では、AOA アンテナ 104 又は路側アンテナ 105 がガントリ 110 に設けられる際に収容される設置箱の中に、車両検出装置 106 (図 2 参照) と中継装置 107 (図 2 参照) が搭載されている。この車両検出装置 106 は、AOA アンテナ 104 及び路側アンテナ 105 と電氣的に接続されており、AOA アンテナ 104 及び路側アンテナ 105 が受信した電波に基づく出力信号を、AOA アンテナ 104 及び路側アンテナ 105 から入力する。この中継装置 107 は、車両検出装置 106 と接続されている。

[0020] 中継装置 107 を介して車両検出装置 106 と通信を行う車線制御装置 108 (図 2 参照) が、通信塔 (図示せず) に設けられている。さらに、車線制御装置 108 (図 2 参照) は、複数の車線制御装置と接続され、複数の車線制御装置からの情報に基づき、路側アンテナ 105 との通信領域を含む走

行レーンを走行する車両の車載器との間で、課金処理等の情報処理が可能な中央処理装置１０９と接続されている。

[0021] 走行レーン１０１には、車両検出装置１０６と車載器３０１等との通信の確立が許可される領域（以下、通信領域という）が予め決められている。言い換えると、通信領域の外縁は、車両検出装置１０６と車載器３０１等との通信の確立を制限する境界線である。よって、車両検出装置１０６は、通信領域よりも外側の領域に存在する車載器から電波を受信したとしても、当該車載器との通信の確立を制限する。図示の例において、通信領域は、対応付けられた走行レーン１０１上であって、且つ、路側アンテナ１０５の真下から走行レーンの進行方向と逆方向に４ｍの範囲内である。

[0022] 図１の例では、通信領域に、車両２０１（車載器３０１）が位置するように示されている。よって、図２に示す状態で、車両検出装置１０６は、路側アンテナ１０５を介して、車両２０１に搭載された車載器３０１と通信を確立することが可能である。また、車線制御装置１０８（又は中央処理装置１０９）は、通信を確立した車載器３０１に対して課金処理を実行することができる。

[0023] 一方、車両２０２は、走行レーン１０２において車両２０１の後方を走行している。しかしながら、この状態において、図示の通り、車載器３０２から発信された電波が例えば通信領域内に位置する車両２０１に反射した後、ＡＯＡアンテナ１０４に入射したとする。この場合、車両検出装置１０６は、ＡＯＡアンテナ１０４が検出した電波の到来方向に基づき車載器の位置を求めるため、車載器３０２から発信された電波が、車両２０１で反射された電波の反射位置（つまり、車両２０１が走行している位置）から発信されたものとして検出する。よって、車両２０１が電波を反射した反射位置を、車載器３０２が電波を発信した位置であるとして誤検出される可能性がある。この場合、走行レーン１０１を走行していない車両２０２の車載器３０２が、走行レーン１０１の路側アンテナ１０５との間で通信を確立する場合が生じ得る。この場合、車載器３０２は、走行レーン１０２に設けられた路側ア

ンテナ１０５２との間でも通信を確立してしまうため、料金が重複して課金される可能性がある。

[0024] また、車両２０３は、路側アンテナ１０５、１０５２が設置されていない隣のレーンである走行レーン１０３を走行しており、本来、車両検出装置１０６との通信対象ではない車両である。しかしながら、この状態において、図示の通り、車載器３０３から発信された電波が車両２０２に反射した後、ＡＯＡアンテナ１０４２に入射したとする。この場合、走行レーン１０２に対応する車両検出装置（図示せず）は、ＡＯＡアンテナ１０４２が検出した電波の到来方向に基づき車載器の位置を求めるため、車載器３０３から発信された電波が、車両２０２で反射された電波の反射位置（つまり、車両２０２が走行している位置）から発信されたものとして検出する。よって、車両２０２が電波を反射した反射位置を、車載器３０３が電波を発信した位置であるとして誤検出される可能性がある。この場合、走行レーン１０２を走行していない車両２０３の車載器３０３が、走行レーン１０２の路側アンテナ１０５２との間で通信を確立する場合が生じ得る。

[0025] さらに、車載器３０２、３０３から出射された電波が走行レーン１０１、１０２、１０３の天井や路面又は路側壁面等に反射して、走行レーン１０１の通信領域内の路面で反射した後、ＡＯＡアンテナ１０４に入射する場合もある。このような場合、車両検出装置１０６は、ＡＯＡアンテナ１０４が検出した電波の到来方向に基づき車載器の位置を求めるため、車載器３０２、３０３から発信された電波が、走行レーン１０１の路面で反射された電波の反射位置（つまり、走行レーン１０１の通信領域内の位置）から発信されたものとして検出する。よって、走行レーン１０１の通信領域内の路面が電波を反射した反射位置を、車載器３０２、３０３が電波を発信した位置であるとして誤検出される可能性がある。

この場合、走行レーン１０１を走行していない車両２０２、２０３の車載器３０２、３０３が、走行レーン１０１の路側アンテナ１０５との間で通信を確立する場合が生じ得る。

[0026] 本発明に係る車両検出装置は、上記問題を解決する一の態様として、以下の構成を備える。

図2は、本実施形態に係る車線制御システムの構成例を示す概略図である。

図示の通り、本実施形態に係る車線制御システムは、AOAアンテナ104と、路側アンテナ105と、車両検出装置106と、中継装置107と、車線制御装置108と、中央処理装置109と、を備える。これらの構成は、走行レーン101に対応する。車線制御システムは、他の走行レーン102に対応するAOAアンテナ1042と、路側アンテナ1052と、車両検出装置と、中継装置と、車線制御装置とを備えるものであってもよい。また、車両検出装置106、中継装置107、及び車線制御装置108は、走行レーン101、102の両方に対応する兼用構成であってもよい。

[0027] この車両検出装置106は、例えば、車両が走行する複数の走行レーンのうち対象走行レーンと対応して設けられ、車両に搭載された車載器から発信される電波に基づいて走行レーンを走行する車両を検出する。本実施形態において、車両検出装置106は、複数の走行レーンのうち路面上に路側アンテナ105との通信領域が決められている一の対象走行レーンである走行レーン101を走行する車両を検知する例について説明するが、本発明の実施の形態はこれに限られない。例えば、車両検出装置106が、複数の走行レーン101、102に対応付けられており、この複数の走行レーン101又は走行レーン102を走行する車両を検出する構成であってもよい。

[0028] AOAアンテナ104は、受信した電波の到来方向を検出する方向検出部である。本実施形態において、AOAアンテナ104は、車載器から受信した電波の位相差に基づき、車載器から発信された電波が受光面に入射する角度（以下、電波到来角度という）を算出する。本実施形態において、AOAアンテナ104は、水平面上の電波到来角度である水平角度 θ_H と、垂直面上の電波到来角度である垂直角度 θ_V とを、算出する。AOAアンテナ104は、受信する電波の到来方向を示す情報として算出した水平角度 θ_H と垂直角度

θ_v とを示す情報（以下、電波到来角度情報という）を、車両検出装置 106 に出力する。

このAOAアンテナ 104 は、車両に搭載された車載器との間で無線通信を行い、且つ、車載器の推定発信位置を検出のために電波到来角度の測定を行うことができるように複数のアンテナ素子から構成される。かかるAOAアンテナ 104 としては、例えばマイクロストリップアンテナ素子をアレイ状に配した構成のマイクロストリップアレイアンテナなどを用いることができる。このマイクロストリップアレイアンテナは各アレイアンテナ素子に入射される電波信号の振幅と位相を操作することにより、比較的容易に任意の指向性を形成することができる。

[0029] 路側アンテナ 105 は、車載器とDSRC (Dedicated Short Range Communications) 通信を実施し、車載器から送信される電波信号に基づき、車載器IDや車種情報等を含む車載器データを取得し、車両検出装置 106 に出力する。この車載器IDとは、各車載器を識別するための識別情報である。車種情報とは、車両の種類（小型車、中型車、大型車・・・等）や、料金割引対象の有無を示す情報等を含む。

[0030] 車両検出装置 106 は、路側アンテナ 105 から料金収受のため送信データを含む電波を発信し、路側アンテナ 105 で受信する車載器からの電波を検波（復調）して同電波に含まれる料金収受のための車載器データ（車載器ID、車種情報等）を取得する。また、車両検出装置 106 は、対象走行レーン上の車両を検出する車両検出処理を実行する。この車両検出処理の詳細については、図3を参照して後述する。

[0031] 中継装置 107 は、車両検出装置 106 と車線制御装置 108 との間の通信処理を実行し、例えば、光通信により車両検出装置 106 と車線制御装置 108 とを接続する。

[0032] 車線制御装置 108 は、中継装置 107 を介して、車両検出装置 106 からの情報を受信するとともに、通信が確立された車載器から受信した車載器データに基づき、料金徴収のための処理、例えば、通行料金の課金処理を実

行する。

また、車線制御装置 108 は、課金処理等を実行した車載器の車載器 ID に、課金処理を実行したことを示す情報や、車載器データ、車両検出装置 106 によって検出された推定発信位置を示す位置情報と、水平角度 θ_H と垂直角度 θ_V を示す情報と、電波の到来時刻を示す情報とを対応付けて、自身の記憶部に格納する。

さらに、車線制御装置 108 は、通信領域を示す電波到来角度の閾値を設定し、設定した電波到来角度の閾値情報を車両検出装置 106 に送信する。この車線制御装置 108 は、例えば、AOA アンテナ 104 が設置されている路面からの高さ、車載器の平均的な高さ、該当走行レーンの幅やアイランドの幅等を示す情報を入力し、通信領域を示す電波到来角度の閾値を算出し、設定することができる。車載器の高さは、後述の通り、路側アンテナ 105 から受信する車種情報に基づき、車種ごとに予め決められた平均的な高さが用いられてもよい。

本実施形態において、課金処理は車線制御装置 108 によって実行される例について説明するが、本実施形態はこれに限られず、複数の車線制御装置と接続され、複数の車線制御装置を統括的に制御する中央処理装置 109 によって実行されるものであってもよい。

[0033] 次に、図 3 を参照して、車両検出装置 106 の構成例について説明する。図 3 は、本実施形態に係る車両検出装置 106 の構成例を示すブロック図である。

図 3 に示す通り、車両検出装置 106 は、紐付け部 160 と、位置演算部 161 と、位置判定部 162 と、移動方向検出部 163 と、走行レーン判定部 164 と、通信制御部 165 と、記憶部 166 と、受信データ解析部 167 と、を備え、車両検出処理を実行する。

紐付け部 160 は、AOA アンテナ 104 に電波が入射した時刻を示す時刻情報と、路側アンテナ 105 に電波が入射した時刻を示す時刻情報に基づき、同一電波に基づく電波到来角度情報と車載器データとを対応付けて、記

憶部 166 に格納する。電波が入射した時刻は、A O A アンテナ 104 や路側アンテナ 105 に設けられる計時部によって計時されてもよい。また、紐付け部 160 は、電波到来角度情報と車載器データが車両検出装置 106 に入力する時間が誤差範囲内である場合に、同一電波に基づく電波到来角度情報及び車載器データであると判定してもよい。また、車載器から送信される電波には、車載器データとして、出射された順番を示すシーケンシャル番号が含まれている。よって、紐付け部 160 は、シーケンシャル番号ごと、路側アンテナ 105 から入力する車載器データを識別することができる。

[0034] 位置演算部 161 は、A O A アンテナ 104 によって検出された電波の到来方向に基づいて、A O A アンテナ 104 で検出された電波が対応する走行レーン 101 上から発信させられたものとして、対応する走行レーン 101 上の推定発信位置を求める。本実施形態において、位置演算部 161 は、A O A アンテナ 104 から出力される電波到来角度情報に基づき、推定発信位置を求め、求めた推定発信位置を示す位置情報を、位置判定部 162 及び移動方向検出部 163 に出力する。

[0035] ここで、図 4 を参照して、本実施形態に係る水平角度 θ_H と垂直角度 θ_V との一例について説明する。図 4 は、水平角度 θ_H と垂直角度 θ_V と推定発信位置との関係を示す図である。

図 4 に示す通り、A O A アンテナ 104 は、基準位置に位置されており、図示の例では、A O A アンテナ 104 の位置が、X Y Z 座標系の原点（基準位置）と決められている。

この X Y Z 座標系では、走行レーンの進行方向と平行な方向に沿い、基準位置から進行方向と逆方向を正として X 軸が設定されている。また、走行レーンの進行方向と直交する方向に Y 軸が設定されている。また、鉛直方向に沿い、基準位置から下向きを正として Z 軸が設定されている。本実施形態で、垂直角度 θ_V は、Z 軸を基準線として鉛直面内で進行方向と逆方向に向かう向きを正とした角度に設定されている。また、本実施形態で、水平角度 θ_H は、X 軸を基準線として水平面内で通信領域を含む走行レーンの幅方向の一方

側に向かう向きを正とした角度に設定されている。

[0036] AOAアンテナ104は、検出した電波の垂直角度 θ_v および水平角度 θ_h を求めることより当該電波の到来方向を検出する。電波の到来方向としてはこれに限るものではない。例えば、角度として上記垂直角度 θ_v および水平角度 θ_h ではなく、別の角度成分によって表すものとしても良い。また、角度成分であらわすのに限らず、たとえば3つの座標（XYZ座標値）により表すものとしても良い。

位置演算部161は、これら水平角度 θ_h と垂直角度 θ_v とで表される到来方向が示す対象走行レーン上に設定された面内の点 P_i を求め、推定発信位置とする。車載器は、車両内に搭載されているため、図4に示す通り、水平角度 θ_h と垂直角度 θ_v とで表される方向に存在する走行レーンの路面上の位置 P_0 ではなく、水平角度 θ_h と垂直角度 θ_v とで表される方向に存在する車載器の高さに等しい面内の点 P_i を、推定発信位置とすることが好ましい。この位置演算部161は、平均的な車載器の高さを既定値として用いるものであってもよく、路側アンテナ105が受信した車種情報に基づき車種ごとにそれぞれ決められている車載器の高さを示す情報を用いて、車種に応じた車載器の高さに等しい推定発信位置点 P_i を算出してもよい。

[0037] 位置判定部162は、位置演算部161によって求められた位置情報、又は、AOAアンテナ104からの水平角度 θ_h 及び垂直角度 θ_v に基づき、車載器の推定発信位置が通信領域の範囲内であるか否かを判定する車両位置判定を実行する。この位置判定部162は、判定結果を走行レーン判定部164に出力する。

例えば、通信領域を示す電波到来角度の閾値が、記憶部166に記憶されている。この電波到来角度の閾値は、水平角度 θ_h 及び垂直角度 θ_v によって定義される。

また、電波到来角度の閾値は、水平角度 θ_h 及び垂直角度 θ_v のそれぞれに対応して設定されている。位置判定部162は、水平角度 θ_h 及び垂直角度 θ_v が電波到来角度の閾値を超えた場合、車載器の推定発信位置が通信領域の範

圏外であると判定する。具体的に説明すると、電波到来角度の閾値は、通信領域の外縁の位置を示す角度であって、水平角度 θ_H 及び垂直角度 θ_V で示される閾値である。つまり、電波到来角度の閾値は、AOAアンテナ104によって検出された水平角度 θ_H 及び垂直角度 θ_V を推定発信位置に変換した場合、この推定発信位置が通信領域の外側となるか否かを判定する閾値である。

通信領域の外縁の位置に相当する位置情報であって、例えば位置演算部161によって求められる位置の閾値が、記憶部166に記憶されていてもよい。この場合、位置判定部162は、位置演算部161が求めた推定発信位置が閾値を超えた場合、つまり、位置演算部161が求めた推定発信位置が通信領域の外側となった場合、車載器の推定発信位置が通信領域の範囲外であると判定する。

[0038] 移動方向検出部163は、位置演算部161によって算出された位置情報であって、同一車載器の推定発信位置を示す複数の位置情報に基づき、当該車載器の推定発信位置の移動方向を算出し、算出した移動方向を示す移動方向情報を走行レーン判定部164に出力する。

この移動方向検出部163は、同一車載器の複数の推定発信位置を電波の受信した順番に結んでできる線分が示す向きを検出する。例えば、移動方向検出部163は、同一車載器の推定発信位置を電波の受信した順番に結んでできる線分の推定発信位置間の方向ベクトルを、移動方向情報として算出することができる。また、移動方向検出部163は、同一車載器の推定発信位置を電波の受信した順番に結んでできる線分の複数の推定発信位置間の方向ベクトルの平均値を、移動方向情報として算出することができる。

移動方向検出部163は、同一車載器の推定発信位置を電波の受信した順番に結んでできる線分が示す向きが、通信領域を含む対象走行レーン上の進行方向に対してどの程度ずれているのを示す情報、例えば、同一車載器の推定発信位置の分散値（又は標本分散）を算出し、移動方向情報として取得するものであってもよい。具体的には、移動方向検出部163は、通信領域を

含む対象走行レーン上の決められた進行方向を期待値とすると、複数の推定発信位置が期待値からどれだけ散らばっているのかを示す値を分散値（又は標本分散）として算出することができる。

[0039] 走行レーン判定部 164 は、移動方向検出部 163 が算出した移動方向に基づいて対応する対象走行レーンを走行しているか否かを判定する。例えば、走行レーン判定部 164 は、入力する移動方向情報に基づき、対応する通信領域を含む対象走行レーンを走行している車両に搭載された車載器の移動軌跡であるか否かを判定する車両移動方向判定を実行する。この走行レーン判定部 164 は、判定結果を通信制御部 165 に出力する。

例えば、走行レーン判定部 164 は、移動方向検出部 163 が算出した移動方向が、対応する走行レーン 101 上の進行方向に沿っている方向であるか否かを判定する。同一車載器の推定発信位置を電波の受信した順番に結んでできる線分が示す向きが、予め決められた範囲内でない場合、走行レーン判定部 164 は、移動方向が対応する走行レーン 101 の進行方向に沿っている方向でないと判定する。

具体的に説明すると、走行レーン判定部 164 は、同一車載器の 2 点の推定発信位置を電波の受信した順番に結んでできる線分の推定発信位置間の方向ベクトルが、対応する走行レーン 101 上の進行方向から予め決められた閾値（角度）以上外れている場合、移動方向が対応する走行レーン 101 の進行方向に沿っている方向でないと判定する。また、走行レーン判定部 164 は、同一車載器の 3 点以上の推定発信位置を電波の受信した順番に結んでできる線分の推定発信位置間の方向ベクトルの平均が、対応する走行レーン 101 上の進行方向から予め決められた閾値（角度）以上外れている場合、移動方向が対応する走行レーン 101 の進行方向に沿っている方向でないと判定する。

[0040] また、同一車載器の 3 点以上の推定発信位置の分散値（標本分散）に基づき、予め決められた閾値以上の分散があったと判定した場合、走行レーン判定部 164 は、移動方向検出部 163 が算出した移動方向が対応する走行レ

ーン１０１の進行方向に沿っている方向でないと判定する。走行レーン判定部１６４は、同一車載器の３点以上の推定発信位置間の方向ベクトルの平均に基づく判定と、同一車載器の３点以上の推定発信位置の分散値（標本分散）に基づく判定とを組み合わせることにより、移動方向が進行方向に沿っているか否かの判定精度を高めることができる。つまり、前者の判定の場合、複数の推定発信位置が進行方向の左右にばらついていても平均することで、このばらつきを検出し難い場合がある。しかし、後者の判定を組み合わせることにより、このようなばらつきを検出することができる。

本実施形態において、走行レーン判定部１６４は、位置判定部１６２によって推定発信位置が通信領域の範囲内に存在していると判定された車載器についてのみ、車両移動方向判定を実行する。

[0041] 通信制御部１６５は、通信領域を含む対象走行レーンを車両（車載器）が走行していないと走行レーン判定部１６４が判定した場合、当該車載器との通信の確立を制限する。具体的に説明すると、通信制御部１６５は、通信の確立が制限されている車載器からの車載器データは、車線制御装置１０８に送信せず、且つ、通信の確立が制限されている車載器に対しては車線制御装置１０８からの情報を転送しない。すなわち、通信制御部１６５は、通信の確立が許可された車載器からの車載器データを中継装置１０７を介して車線制御装置１０８に送信するとともに、通信の確立が許可された車載器に対してのみ車線制御装置１０８からの情報を転送する。

本発明の実施の形態はこれに限らず、通信制御部１６５は、路側アンテナ１０５から受信した車載器データを全て車線制御装置１０８に送信する。そして、走行レーン判定部１６４が、受信した電波が、通信領域を含む対象走行レーンを走行していない車両（車載器）からの電波であることを判定した場合のみ、通信制御部１６５は、判定結果を車線制御装置１０８に送信するものであってもよい。例えば、通信制御部１６５は、通信領域を含む対象走行レーンを走行していない車両（車載器）からの電波であることが判定された電波に対応する車載器データに含まれる車載器ＩＤを示す情報を車線制御

装置 108 に送信する。

そして、車線制御装置 108 は、通信制御部 165 から受信した走行レーン判定部 164 の判定結果と車載器 ID に基づき、車載器との通信の確立を制限する。

[0042] 次に、図 5 を参照して、本実施形態に係る車両検出方法の一例について説明する。図 5 は、本実施形態に係る車両検出方法の一例を示すフローチャートである。

例えば、車載器 301 が、車載器データを含む電波 W1 を発信したとする。車載器 301 は、予め決められた時間間隔で複数の電波を継続して発信している。

(ステップ S T 1 0 1)

すると、A O A アンテナ 104 は、この電波 W1 を受信し、この電波 W1 の到来方向を示す水平角度 θ_H と垂直角度 θ_V を示す情報を算出し、車両検出装置 106 に出力する。

(ステップ S T 1 0 2)

また、路側アンテナ 105 は、この電波 W1 を受信し、この電波 W1 に含まれている車載器データを含む受信信号を、車両検出装置 106 に出力する。この電波 W1 に含まれる車載器データには、少なくとも車載器 301 の車載器 ID が含まれている。

[0043] (ステップ S T 1 0 3)

車両検出装置 106 の紐付け部 160 は、A O A アンテナ 104 が電波 W1 を受信したタイミングと、路側アンテナ 105 が電波 W1 を受信したタイミングとに基づき、同一の電波 W1 に基づく水平角度 θ_H と垂直角度 θ_V を示す情報と車載器 ID とを紐づけて、記憶部 166 に書き込む。また、紐付け部 160 は、電波 W1 の到来方向を示す水平角度 θ_H と垂直角度 θ_V を示す情報と、車載器 ID とを紐づけて、位置演算部 161 に出力する。

A O A アンテナ 104 は、続けて、電波 W1 と異なる電波 W2 を受信した場合、この電波 W2 の到来方向を示す水平角度 θ_H と垂直角度 θ_V を示す情報

とを算出し、車両検出装置 106 に出力する。また、車両検出装置 106 の紐付け部 160 は、電波 W2 を受信したタイミングと同じタイミング（同時又は概ね同時）で路側アンテナ 105 が受信した受信信号から車載器データを取得する。そして、紐付け部 160 は、電波 W2 の到来方向を示す水平角度 θ_H と垂直角度 θ_V を示す情報と車載器 ID とを紐づけて、記憶部 166 に書き込む。紐付け部 160 は、電波に含まれるシーケンシャル番号によって、電波 W1, W2, ... のそれぞれを識別することができる。

このようにして、紐付け部 160 は、複数の電波 W1, W2, ... から得られた水平角度 θ_H と垂直角度 θ_V を示す情報と車載器 ID とを紐づけて、記憶部 166 に書き込む。

[0044] (ステップ S T 104)

次いで、車両検出装置 106 の位置演算部 161 は、水平角度 θ_H と垂直角度 θ_V とで表される到来方向が示す面上の点 P_1 を求め、推定発信位置とする。そして、位置演算部 161 は、求めた推定発信位置 P_1 を示す位置情報を、位置判定部 162 と移動方向検出部 163 に出力する。このとき、位置演算部 161 は、受信データ解析部 167 によって得られた車載器の高さを示す情報に基づき、車載器の高さに応じた推定発信位置点 P_1 を求めてよい。

続けて、位置演算部 161 は、記憶部 166 に記憶されている複数の情報（水平角度 θ_H と垂直角度 θ_V を示す情報と車載器 ID）に基づき、各電波の到来方向により得られる推定発信位置 $P_2, P_3, \dots$ を求める。位置演算部 161 は、電波を受信した順番を示す情報（例えば i : シーケンシャル番号）と車載器 ID とを推定発信位置に対応付けておく。

[0045] (ステップ S T 105)

そして、車両検出装置 106 の位置判定部 162 は、記憶部 166 を参照して、車載器 ID と紐づけられている水平角度 θ_H 及び垂直角度 θ_V と、電波到来角度の閾値とを比較することにより、推定発信位置 P_1 が通信領域の範囲内であるか否かを判定する。そして、位置判定部 162 は、判定結果を走行レーン判定部 164 に出力する。

車両検出装置 106 の位置判定部 162 は、位置演算部 161 によって求められた位置情報に基づき、推定発信位置 P_1 が通信領域の範囲内であるか否かを判定するものであってもよい。そして、位置判定部 162 は、判定結果を走行レーン判定部 164 に出力する。

[0046] (ステップ S T 106)

ステップ S T 105 において、車載器の推定発信位置 P_1 が通信領域の範囲内であると判定された場合（例えば、水平角度 θ_H 及び垂直角度 θ_V が、それぞれに対応して決められている電波到来角度の閾値を超えなかった場合）、移動方向検出部 163 は、位置演算部 161 によって求められた複数の位置情報のうち、通信領域の範囲内であると判定された位置であって、同一の車載器 ID が対応付けられた位置情報（例えば、 P_1 , P_2 , P_3 , ...）に基づき、車載器の推定発信位置 P_1 , P_2 , P_3 , ... が示す移動方向を演算し、移動方向を示す情報を走行レーン判定部 164 に出力する。

[0047] (ステップ S T 107)

走行レーン判定部 164 は、ステップ S T 105 において、推定発信位置 P_1 が通信領域の範囲内であると判定された場合、移動方向検出部 163 から入力する移動方向を示す情報に基づき、同一車載器の推定発信位置 P_1 , P_2 , P_3 , ... が示す移動方向が走行レーン上の進行方向に沿っている方向であるか否かを判定する。同一車載器の推定発信位置 P_1 , P_2 , P_3 , ... が示す移動方向が走行レーン上の進行方向に沿っている方向である場合、走行レーン判定部 164 は、算出した移動方向に基づいて走行レーン 101 を走行していると判定する。そして、走行レーン判定部 164 は、走行レーン 101 を走行していると判定した場合、同一車載器の推定発信位置 P_1 , P_2 , P_3 , ... と紐付けられている車載器 ID を示す情報を通信制御部 165 に出力する。

[0048] (ステップ S T 108)

そして、通信制御部 165 は、走行レーン 101 を走行していると判定した走行レーン判定部 164 による判定結果を、同一車載器の推定発信位置 P_1

、 P_2 、 P_3 、・・・と車載器IDを示す情報とともに、車線制御装置108に送信する。車線制御装置108は、受信した情報をそれぞれ対応付けて、自身の記憶部に書き込む。そして、車線制御装置108は、この車載器IDが示す車載器との間で通信を確立する。

(ステップST109)

一方、ステップST105において、推定発信位置 P_1 が通信領域の範囲内でないと判定された場合、又は、ステップST107において、算出した移動方向に基づいて走行レーンを走行していないと判定された場合、通信制御部165は、走行レーン101を走行していないと判定した走行レーン判定部164による判定結果を、対応する車載器IDを示す情報とともに、車線制御装置108に送信する。そして、車線制御装置108は、車両検出装置106から受信した情報に基づき、走行レーン101を走行していないと判定された車載器IDの車載器との間で通信を中止する。

[0049] (ステップST110)

一方、受信データ解析部167は、路側アンテナ105から入力する受信データを解析して、車載器データに含まれる車載器ID及び車種情報を取得する。この受信データ解析部167は、受信データからシーケンシャル番号も取得する。

この受信データ解析部167は、取得した車種情報に基づき、車種に応じて予め決められている車載器の高さを判定し、判定した車載器の高さを示す情報を紐付け部160と位置演算部161に出力する。

(ステップST111)

また、詳細な説明は省略するが、受信データ解析部167は、車載器から受信した受信データを解析し、課金処理に用いられる情報を取得する。受信データ解析部167によって解析された情報は、中継装置107を介して車線制御装置108に送信される。

車線制御装置108は、受信した情報に基づき、通信領域を含む走行レーンを走行していると判定された車両の車載器に対してのみ、課金処理を実行

する。

[0050] 次に、図 6, 7 を参照して、本実施形態に係る AOA アンテナ 104 について説明する。

図 6 は、AOA アンテナ 104 が備えるアンテナ素子の配置の一例について説明するための図である。図 5 に示す通り、AOA アンテナ 104 は、AOA アンテナ素子 104 A, 104 B, 104 C, 104 D を備える。AOA アンテナ素子 104 A と 104 B とは、同じ高さ位置に配置され、水平方向に並んでいる。この AOA アンテナ素子 104 A と 104 B との距離は、 d_1 である。一方、AOA アンテナ素子 104 C は、AOA アンテナ素子 104 A と 104 B よりも高い位置に、AOA アンテナ素子 104 D は、AOA アンテナ素子 104 A と 104 B よりも低い位置に配置されている。これら AOA アンテナ素子 104 C と 104 D とは、垂直方向に並んでおり、AOA アンテナ素子 104 C と 104 D との距離は、 d_2 である。

[0051] 図 7 は、AOA アンテナ 104 の構成例を示すブロック図である。図 7 に示す通り、AOA アンテナ 104 は、AOA アンテナ素子 104 A ~ 104 D と、AOA アンテナ 104 A, 104 B の出力を入力する水平位相処理部 141 と、AOA アンテナ 104 C, 104 D の出力を入力する垂直位相処理部 142 と、AOA アンテナ素子 104 A ~ 104 D のそれぞれと接続されるヘテロダイン変換部 143 A ~ 143 D と、局部発振器 144, 145 と、を備える。

局部発振器 144 は、所定の周波数の局部発振信号をヘテロダイン変換部 143 A, 143 B に出力し、局部発振器 145 は、所定の周波数の局部発振信号をヘテロダイン変換部 143 C, 143 D に出力する。

ヘテロダイン変換部 143 A, 143 B は、所定の俯角 ϕ で傾斜し且つ所定の間隔 d_1 を隔てて配設されている AOA アンテナ素子 104 A, 104 B によって受信した電波の周波数と、局部発振器 144 から出力される局部発振信号の周波数との差を取ることにより、受信した電波を低周波数（中間周波数）の信号にそれぞれ変換して水平位相処理部 141 に出力する。ヘテ

ロダイン変換部 143A が出力する信号には位相 ϕ_A を示す情報が含まれ、ヘテロダイン変換部 143B が出力する信号には位相 ϕ_B を示す情報が含まれている。

ヘテロダイン変換部 143C, 143D は、所定の俯角 ψ で傾斜し且つ所定の間隔 d_2 を隔てて配設されている AOA アンテナ素子 104C, 104D によって受信した電波の周波数と、局部発振器 145 から出力される局部発振信号の周波数との差を取ることで、受信した電波を低周波数（中間周波数）の信号にそれぞれ変換して垂直位相処理部 142 に出力する。ヘテロダイン変換部 143C が出力する信号には位相 ϕ_C を示す情報が含まれ、ヘテロダイン変換部 143D が出力する信号には位相 ϕ_D を示す情報が含まれている。

[0052] 水平位相処理部 141 は、ヘテロダイン変換部 143A, 143B から入力する信号の位相差 ($\phi_A - \phi_B$) に基づき、AOA アンテナ 104A, 104B に到来する角度（つまり、水平角度 θ_H ）を算出し、この水平角度 θ_H を示す情報を、車両検出装置 106 に出力する。この水平位相処理部 141 は、以下に示す式（1）に従って、水平角度 θ_H を算出する。

垂直位相処理部 142 は、ヘテロダイン変換部 143C, 143D から入力する信号の位相差 ($\phi_C - \phi_D$) に基づき、AOA アンテナ 104C, 104D に到来する角度（つまり、垂直角度 θ_V ）を算出し、この垂直角度 θ_V を示す情報を、車両検出装置 106 に出力する。この垂直位相処理部 142 は、以下に示す式（2）に従って、垂直角度 θ_V を算出する。

[0053] $\theta_H = \sin^{-1} \{ (\phi_A - \phi_B) \lambda / (2\pi \cdot d_1) \} \cdots \text{式 (1)}$

$\theta_V = \sin^{-1} \{ (\phi_C - \phi_D) \lambda / (2\pi \cdot d_2) \} \cdots \text{式 (2)}$

($\phi_A - \phi_B$) は、AOA アンテナ素子 104A への電波の入射タイミングと AOA アンテナ素子 104B への電波の入射タイミングのずれによる位相差であって、($\phi_C - \phi_D$) は、AOA アンテナ素子 104C への電波の入射タイミングと AOA アンテナ素子 104D への電波の入射タイミングのずれによる位相差である。 λ は、車載器からの電波の波長である。

[0054] ここで、水平角度 θ_H と垂直角度 θ_V が式 (1) と式 (2) により求められる原理について、簡単に説明する。

図8に示すように、例えば、AOAアンテナ素子104C, 104Dの俯角を ϕ_V とすると、車両201の車載器301からAOAアンテナ104へ発信された電波がAOAアンテナ素子104C, 104Dに到来する水平角度 θ_V は、次のようにして求めることができる。

[0055] 図8に示すように、AOAアンテナ素子104C, 104Dが俯角 ϕ_V で傾斜しているため、車載器301からAOAアンテナ素子104Cまでの距離 L_C よりも、車載器301からAOAアンテナ素子104Dまでの距離 L_D の方が長い。このため、AOAアンテナ素子104CとAOAアンテナ素子104Dとでは電波を受信するタイミングがずれて、両者が受信する電波に位相差が生じる。この位相差を $(\phi_C - \phi_D)$ とし、また、電波の波長を λ とすると、車載器301からAOAアンテナ素子104Cまでの距離 L_C と、車載器301からAOAアンテナ素子104Dまでの距離 L_D との差 η_2 は、式 (3) で表される。

$$[0056] \quad \eta_2 = (\phi_C - \phi_D) \lambda / (2\pi) \cdots \text{式 (3)}$$

[0057] このため、AOAアンテナ素子104CとAOAアンテナ素子104Dとの素子間隔を d_2 とすると、図7の幾何学的関係から、式 (4) が得られる。この式 (4) から式 (5) が得られる。従って、この式 (5) から、電波到来角度 θ_V は、式 (2) のように表せる。図8に示すように、AOAアンテナ素子104C, 104Dに対して電波は平行に到来し、AOAアンテナ素子104C, 104Dへの電波到来角度は何れも同じ θ_V であると仮定している。

$$[0058] \quad \sin \theta_V = \eta_2 / d_2 = (\phi_C - \phi_D) \lambda / (2\pi) / d_2 \cdots \text{式 (4)}$$

$$(\phi_C - \phi_D) = (2\pi \cdot d_2 \cdot \sin \theta_V) / \lambda \cdots \text{式 (5)}$$

[0059] 同様にして、走行レーン101の進行方向と平行な直線であって、AOAアンテナ104の中心点と交わる直線上に車載器301がない場合、車載器301からAOAアンテナ素子104Aまでの距離 L_A と、車載器301から

A O A アンテナ素子 1 0 4 B までの距離 L_B とが異なる。このため、A O A アンテナ素子 1 0 4 A と A O A アンテナ素子 1 0 4 B とでは電波を受信するタイミングがずれて、両者が受信する電波に位相差が生じる。この位相差を ($\phi_A - \phi_B$) とし、また、電波の波長を λ とする。このとき、車載器 3 0 1 から A O A アンテナ素子 1 0 4 A までの距離 L_A と、車載器 3 0 1 から A O A アンテナ素子 1 0 4 B までの距離 L_B との差 $\eta 1$ は、式 (6) で表される。

[0060] $\eta 1 = (\phi_A - \phi_B) \lambda / (2 \pi) \cdots$ 式 (6)

[0061] このため、A O A アンテナ素子 1 0 4 A と A O A アンテナ素子 1 0 4 B との素子間隔を $d 1$ とすると、図 8 の幾何学的関係から、式 (7) が得られる。この式 (7) から式 (8) が得られる。従って、この式 (8) から、電波到来角度 θ_H は、式 (1) のように表せる。A O A アンテナ素子 1 0 4 A, 1 0 4 B に対して電波は平行に到来し、A O A アンテナ素子 1 0 4 A, 1 0 4 B への電波到来角度は何れも同じ θ_H であると仮定している。

[0062] $\sin \theta_H = \eta 1 / d 1 = (\phi_A - \phi_B) \lambda / (2 \pi) / d 1 \cdots$ 式 (7)
 $(\phi_A - \phi_B) = (2 \pi \cdot d 1 \cdot \sin \theta_H) / \lambda \cdots$ 式 (8)

[0063] 次に、図 9 を参照して、対応する走行レーン 1 0 1 を走行する車両 2 0 1 に搭載された車載器 3 0 1 の推定発信位置の移動経路の一例について説明する。図 9 に示す通り、車載器 3 0 1 の推定発信位置 P_1 は通信領域内に存在している。この場合、走行レーン判定部 1 6 4 は、移動方向検出部 1 6 3 が算出した移動方向が、対応する対象走行レーンの進行方向に沿っているか否かを判定する。図示の通り、方向ベクトルに対応する閾値 (角度) として、対応する走行レーン 1 0 1 の進行方向を基準として $+\alpha$ から $-\alpha$ までの角度が決められているとする。この場合、走行レーン判定部 1 6 4 は、車載器 3 0 1 の推定発信位置 $P_1, P_2, P_3, \cdots$ が示す移動方向に基づき、推定発信位置 P_1 から P_2 に向かう方向ベクトル、推定発信位置 P_2 から P_3 に向かう方向ベクトル、 $\cdots$ が、それぞれ閾値 (角度) の範囲内であるか否かを判定する。また、走行レーン判定部 1 6 4 は、車載器 3 0 1 の推定発信位置 P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 が示す方向ベクトルの平均が、閾値 (角度) の範囲内で

あるか否かを判定するものであってもよい。図示の例では、推定発信位置 P_1 から P_2 に向かう方向ベクトル、推定発信位置 P_2 から P_3 に向かう方向ベクトル、 $\dots$ が、全て閾値（角度）の範囲内であって、車載器 301 の推定発信位置 P_1 , P_2 , P_3 , P_4 , P_5 が示す方向ベクトルの平均が、閾値（角度）の範囲内であると、走行レーン判定部 164 は判定するものであってもよい。

よって、走行レーン判定部 164 は、車載器 301 の推定発信位置 P_1 , P_2 , P_3 , $\dots$ が示す移動方向は、進行方向に沿っている方向であると判定する。このため、走行レーン判定部 164 は、車両 201（車載器 301）が走行レーン 101 を走行していると判定し、車線制御装置 108 が、車載器 301 との通信を確立する。

[0064] 次に、図 10 を参照して、路側アンテナ 105 の通信領域を含む対象走行レーン以外の走行レーン 102 を走行する車両 202 に搭載された車載器 302 の推定発信位置の移動経路の一例について説明する。図 10 に示す通り、車両 202 は、走行レーン 102 上の点 R_{101} を走行している際に発信した電波が、例えば天井に反射して、走行レーン 101 の通信領域内を走行する車両 201 でさらに反射し、走行レーン 101 に取り付けられている AOA アンテナ 104 に入射したとする。この場合、位置演算部 161 は、車両 201 が電波を反射した位置（つまり、車両 201 が走行している位置）を、車載器 302 の推定発信位置 P_{101} として検出する。

この場合、位置判定部 162 は、車載器 302 の推定発信位置 P_{101} が通信領域の範囲内であるという判定結果を、走行レーン判定部 164 に出力する。

[0065] また、走行レーン 102 上の点 R_{102} を走行している際に発信した電波も、例えば天井に反射して、走行レーン 101 の通信領域内を走行する車両 201 でさらに反射し、走行レーン 101 に取り付けられている AOA アンテナ 104 に入射したとする。この場合、位置演算部 161 は、車両 201 が電波を反射した位置（つまり、車両 201 が走行している位置）を、車載器 3

02の推定発信位置 P_{102} として検出する。その後、車載器302から発信した電波は、天井を反射せずに、AOAアンテナ104に入射しなかったとする。そして、車載器302は、走行レーン102上の位置 R_{103} , R_{104} , R_{105} を移動したとする。

この場合、走行レーン判定部164は、移動方向検出部163が算出した移動方向が、対応する走行レーンの進行方向に沿っているか否かを判定する。図示の例では、車載器302の推定発信位置 P_{101} から P_{102} に向かう方向ベクトルが、対応する走行レーン101の進行方向を基準として $+\alpha$ から $-\alpha$ までの角度の範囲を超えている。

よって、走行レーン判定部164は、車載器302の推定発信位置 P_{101} , P_{102} が示す移動方向は、進行方向に沿っている方向でないと判定する。このため、走行レーン判定部164は、車両202（車載器302）は走行レーン101を走行していないと判定し、車線制御装置108は、車載器302との通信を中止する。

[0066] このように、本実施形態に係る車両検出装置106は、図10に示すような推定発信位置 P_{101} , P_{102} が示す移動方向が進行方向に沿っていないと判定し、車両202（車載器302）が走行レーン101を走行していないと判定することができる。このように、推定発信位置 P_{101} , P_{102} は通信領域の範囲内であるため、車両検出装置106は、対象となる走行レーン101を走行している可能性のある車両として検出し得る。

しかし、本実施形態に係る車両検出装置106は、推定発信位置 P_{101} , P_{102} が示す移動方向が進行方向に沿っていないと判定し、車両202（車載器302）は走行レーン101を走行していないと判定することにより、走行レーン101を走行していない車両の検出を抑制することができる。

本実施形態に係る車両検出装置106は、少なくとも3つ以上の推定発信位置 $P_1 \sim P_5$ に基づき、移動方向を検出する。これにより、検出される移動方向の検出精度を高めることができる。

また、本実施形態に係る車両検出装置106の走行レーン判定部164は

、少なくとも3つ以上の推定発信位置 $P_1 \sim P_5$ に基づく移動方向を移動方向検出部163によって検出できなかった場合、対応する対象走行レーンを走行していないと判定するものであってもよい。

[0067] また、本実施形態に係る車両検出装置106は、推定発信位置が通信領域に含まれていない場合、移動方向に基づいて走行レーン101を走行しているか否かの判定を実行しない。これにより、対象となる走行レーン101を走行している可能性の低い車両についての移動方向判定処理を実行しなくすむため、処理負荷が軽減される。

さらに、本実施形態に係る車両検出装置106は、推定発信位置が通信領域に含まれている場合、移動方向に基づいて走行レーン101を走行しているか否かの判定を実行する。これにより、対象となる走行レーン101を走行している可能性のある車両の中に、走行レーン101を走行していない可能性の高い車両が含まれているか否かを判定し、走行レーン101を走行していない可能性の高い車両の検出を防止することができる。

[0068] また、本実施形態に係る車両検出装置106は、走行レーン101を走行していると判定された車載器に対してのみ通信の確立を許可する。つまり、反射等の影響により通信範囲内に存在していると誤判定された場合であっても、移動方向判定によって走行レーン101を走行していないと判定される。よって、走行レーン101を走行していない車載器と通信が確立されることが防止され、誤って課金処理がなされる事態を回避することができる。

また、本実施形態に係る車両検出装置106は、図3に示した位置判定部162を備えない構成であってもよい。

さらに、本実施形態に係る車両検出装置106は、少なくとも位置演算部161と移動方向検出部163を備える構成であってもよい。この構成により、車両検出装置106は、走行レーンを走行する車両の移動方向を検出することができる。

[0069] 有料道路等では、複数の走行レーンが並んで設けられている場合が多い。また、場所的に走行レーン同士の間を十分に確保できない場合や、上りの走

行レーンと下りの走行レーンとの間が十分に確保できない場合もある。さらに、有料道路の出口付近が非常に狭く、走行レーンの幅、つまり、通信領域の幅が狭い場所などもある。このような場所では、電波吸収パネルを設置スペースも十分に確保できない場合が多々ある。よって、本実施形態に係る車両検出装置が利用される環境では、特に有効である。

また、上記実施形態では、車両検出装置 106 が料金所に設置される例について説明したが、本発明の実施の形態はこれに限られない。例えば、通常の走行レーン上において、通信領域が設定される走行レーンに適用可能である。また、走行レーンは有料道路に限られない。

[0070] 本実施形態における処理部の機能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工程を行ってもよい。ここでいう「コンピュータシステム」とは、OSや周辺機器等のハードウェアを含むものとする。また、「コンピュータシステム」は、ホームページ提供環境（あるいは表示環境）を備えたWWWシステムも含むものとする。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、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。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（RAM）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。

[0071] 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すでに記録されているプログラムとの組み合わ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。

産業上の利用可能性

[0072] 上記した車両検出装置、車線制御システム、車両検出方法、及びプログラムによれば、対応する路側アンテナの通信領域を含む走行レーンを走行している車両を検出する際に、当該通信領域を含む走行レーン以外に位置する車載器が搭載された車両を、当該アンテナで誤検出することを抑制することができる。

符号の説明

[0073] 101 走行レーン
102 走行レーン
103 走行レーン
104 AOAアンテナ
105 路側アンテナ
106 車両検出装置
107 中継装置
108 車線制御装置
109 中央処理装置
110 ガントリ
104A AOAアンテナ素子
104B AOAアンテナ素子
104C AOAアンテナ素子
104D AOAアンテナ素子
141 水平位相処理部
142 垂直位相処理部
143A ヘテロダイン変換部

- 1 4 3 B ヘテロダイン変換部
- 1 4 3 C ヘテロダイン変換部
- 1 4 3 D ヘテロダイン変換部
- 1 4 4 局部発振器
- 1 4 5 局部発振器
- 1 6 0 紐付け部
- 1 6 1 位置演算部
- 1 6 2 位置判定部
- 1 6 3 移動方向検出部
- 1 6 4 走行レーン判定部
- 1 6 5 通信制御部
- 1 6 6 記憶部
- 2 0 1 車両
- 2 0 2 車両
- 2 0 3 車両
- 3 0 1 車載器
- 3 0 2 車載器
- 3 0 3 車載器

請求の範囲

[請求項1] 複数の走行レーンのうち対象走行レーンと対応して設けられ、車両に搭載された車載器から発信される電波に基づいて、前記複数の走行レーンの中から前記対象走行レーンを走行する車両を検出する車両検出装置であって、

前記車載器から受信した電波の到来方向を検出する方向検出部で検出された電波の到来方向に基づいて、前記方向検出部で検出された電波が前記対象走行レーン上から発信されたものとして、前記対象走行レーン上の推定発信位置を求める位置演算部と、

前記位置演算部により求められた複数の前記推定発信位置に基づいて、前記推定発信位置の移動方向を検出する移動方向検出部と、

前記移動方向検出部で検出された前記移動方向に基づいて、電波を発信した車両が前記対象走行レーンを走行する車両であるか否かを判定する走行レーン判定部とを備える車両検出装置。

[請求項2] 前記走行レーン判定部は、
前記移動方向検出部によって検出された前記移動方向が、前記対象走行レーンにおける進行方向に沿っている方向である場合、前記対象走行レーンを走行していると判定する請求項1に記載の車両検出装置。

[請求項3] 上記車両検出装置は、
前記複数の走行レーンのうちのいずれか一つの前記対象走行レーンに対応して設けられており、
前記位置演算部で求められた位置が、前記対象走行レーン上の定められた範囲内であるか否かを判定する位置判定部をさらに備え、
前記移動方向検出部は、
前記位置判定部で定められた範囲内であることが判定された前記推定発信位置に基づいて前記推定発信位置の移動方向を検出する請求項1又は2に記載の車両検出装置。

- [請求項4] 前記車両検出装置は、
前記走行レーン判定部によって前記対象走行レーンを走行していないと判定された前記車両に搭載された前記車載器との通信を制限する通信制御部をさらに備える請求項1から3のうちいずれか一項に記載の車両検出装置。
- [請求項5] 前記移動方向検出部は、
前記位置演算部により求められた複数の前記推定発信位置のうち少なくとも3つ以上の位置に基づいて、前記推定発信位置の移動方向を検出する請求項1から4のうちいずれか一項に記載の車両検出装置。
- [請求項6] 複数の走行レーンのうち対象走行レーンと対応して設けられ、車両に搭載された車載器から発信される電波に基づいて、前記複数の走行レーンの中から前記対象走行レーンを走行する車両を検出する車両検出装置であって、
前記車載器から受信した電波の到来方向を検出する方向検出部で検出された電波の到来方向に基づいて、前記方向検出部で検出された電波が前記対象走行レーン上から発信されたものとして、前記対象走行レーン上の推定発信位置を求める位置演算部と、
前記位置演算部により求められた複数の前記推定発信位置に基づいて、前記推定発信位置の移動方向を検出する移動方向検出部と、を備える車両検出装置。
- [請求項7] 前記請求項1から5のうちいずれか一項に記載の車両検出装置と、
前記車両検出装置と通信可能に接続され、前記走行レーン判定部によって前記対象走行レーンを走行していると判定された前記車載器から発信された電波に含まれる情報に基づき、所定の情報処理を実行する車線制御装置と、
を備える車線制御システム。
- [請求項8] 車両に搭載された車載器から発信される電波に基づいて、複数の走行レーンの中から対象走行レーンを走行する車両を検出する車両検出

方法であって、

前記車載器から受信した電波の到来方向に基づいて、前記電波が前記対象走行レーン上から発信されたものとして、前記対象走行レーン上の推定発信位置を求める位置演算ステップと、

前記位置演算ステップにより求められた複数の前記推定発信位置に基づいて、前記推定発信位置の移動方向を検出する移動方向検出ステップと、

前記移動方向検出ステップにより検出された前記移動方向に基づいて、電波を発信した車両が前記対象走行レーンを走行する車両であるか否かを判定する走行レーン判定ステップと

を備える車両検出方法。

[請求項9]

車両に搭載された車載器から発信される電波に基づいて、複数の走行レーンのうち対象走行レーンを走行する車両を検出する車両検出装置を動作させるコンピュータを、

前記車載器から受信した電波の到来方向を検出する方向検出部で検出された電波の到来方向に基づいて、前記方向検出部で検出された電波が前記対象走行レーン上から発信されたものとして、前記対象走行レーン上の推定発信位置を求める位置演算手段、

前記位置演算手段により求められた複数の前記推定発信位置に基づいて、前記推定発信位置の移動方向を検出する移動方向検出手段、

前記移動方向検出手段で検出された前記移動方向に基づいて、電波を発信した車両が前記対象走行レーンを走行する車両であるか否かを判定する走行レーン判定手段

として機能させるプログラム。