

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6721014号
(P6721014)

(45) 発行日 令和2年7月8日 (2020. 7. 8)

(24) 登録日 令和2年6月22日 (2020. 6. 22)

(51) Int. Cl.	F I	
HO 4 W 72/04 (2009. 01)	HO 4 W 72/04	
HO 4 W 4/44 (2018. 01)	HO 4 W 4/44	
GO 8 G 1/09 (2006. 01)	GO 8 G 1/09	F
HO 4 W 28/18 (2009. 01)	HO 4 W 28/18	
HO 4 W 72/08 (2009. 01)	HO 4 W 72/08	

請求項の数 17 (全 41 頁)

(21) 出願番号	特願2018-159609 (P2018-159609)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成30年8月28日 (2018. 8. 28)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開2019-68411 (P2019-68411A)		愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
(43) 公開日	平成31年4月25日 (2019. 4. 25)	(74) 代理人	100106149
審査請求日	令和1年6月26日 (2019. 6. 26)		弁理士 矢作 和行
(31) 優先権主張番号	特願2017-188644 (P2017-188644)	(74) 代理人	100121991
(32) 優先日	平成29年9月28日 (2017. 9. 28)		弁理士 野々部 泰平
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)	(74) 代理人	100145595
			弁理士 久保 貴則
		(72) 発明者	中田 恒夫
			愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会 社デンソー内
		審査官	石田 信行

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両用通信システム、車両用通信装置および管理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

車両（5、5 A、5 B）で用いられる車両用通信装置（2 1、1 2 1）と、
無線リソースの管理を行う管理装置（4、4 A、4 C）とを備えた車両用通信システム
であって、

時刻別の場所および前記無線リソースの割り当てを要求するリソース割り当て要求を前
記管理装置へ送信する要求送信部を備え、

前記車両用通信装置は、前記車両の外部へ信号を無線送信する車両側送信部（2 1 3）
と、前記車両の外部から無線送信される信号を受信する車両側受信部（2 1 4）と、前記
車両側送信部および前記車両側受信部を制御する車両側通信制御部（2 1 2）とを備え、

前記管理装置は、

前記リソース割り当て要求を受信する管理装置側受信部（4 4）と、

前記管理装置側受信部が受信した前記リソース割り当て要求に応じて、前記リソース割
り当て要求を送信した前記車両用通信装置に、前記時刻別の場所であって同じ時刻に複数
の前記車両が割り当てられないようになっている場所および前記無線リソースを割り当て
る割り当て部（4 2）と、

前記割り当て部の割り当て結果を、前記リソース割り当て要求を送信した前記車両用通
信装置へ送信する管理装置側送信部（4 3）とを備え、

前記車両側受信部は、前記割り当て結果を受信し、

前記車両側通信制御部は、前記車両側受信部が受信した前記割り当て結果に基づいて、

前記車両側送信部と前記車両側受信部を制御する車両用通信システム。

【請求項 2】

前記車両用通信装置と無線通信を行う基地局（3）を備え、

前記リソース割り当て要求は、前記車両用通信装置が前記基地局と通信を行うための、前記時刻別の場所および前記無線リソースの割り当てを要求する情報である、請求項 1 に記載の車両用通信システム。

【請求項 3】

前記リソース割り当て要求は、前記無線リソースの割り当てを要求する区間、前記区間の各位置を走行する予定時刻、必要な通信速度を示す情報を含み、時刻別の場所および前記無線リソースの割り当てを要求するものであり、

10

前記割り当て部は、前記管理装置側受信部が受信した前記リソース割り当て要求が要求している前記時刻別の場所および前記無線リソースを割り当てることができる場合、前記リソース割り当て要求を送信した前記車両用通信装置に、前記リソース割り当て要求が要求している前記時刻別の場所および前記無線リソースを割り当て、請求項 2 に記載の車両用通信システム。

【請求項 4】

前記割り当て部は、時刻別の場所リソースを割り当てる場所リソース割り当て部（9A）と、時刻別の前記無線リソースを割り当てる無線リソース割り当て部（8A）とを備えており、

前記場所リソース割り当て部は、前記場所リソースを割り当てた後、場所別の通信効率に関する情報を表す無線リソースマップ（11）と、各場所において前記車両用通信装置が必要とする必要通信速度とに基づいて、時刻別の必要リソース量を決定し、時刻別の前記必要リソース量を前記無線リソース割り当て部に送信し、

20

前記無線リソース割り当て部は、時刻別の前記必要リソース量に基づいて、時刻別かつ前記基地局別の前記無線リソースを前記車両用通信装置に割り当てる、請求項 2 に記載の車両用通信システム。

【請求項 5】

前記無線リソースマップが前記基地局別になっており、

前記場所リソース割り当て部は、前記基地局別に前記必要リソース量を決定する、請求項 4 に記載の車両用通信システム。

30

【請求項 6】

前記割り当て部は、時刻別の場所リソースを割り当てる場所リソース割り当て部（9A）と、時刻別の前記無線リソースを割り当てる無線リソース割り当て部（8A）とを備えており、

前記場所リソース割り当て部は、前記場所リソースの割り当て結果を示す走行計画と、各場所において前記車両用通信装置が必要とする必要通信速度とを前記無線リソース割り当て部に送信し、

前記無線リソース割り当て部は、場所別の通信効率に関する情報を表す無線リソースマップ（11）と、各場所において前記車両用通信装置が必要とする必要通信速度とに基づいて時刻別かつ場所別の必要リソース量を決定し、時刻別かつ場所別の前記必要リソース量に基づいて、時刻別かつ前記基地局別の前記無線リソースを前記車両用通信装置に割り当てる、請求項 2 に記載の車両用通信システム。

40

【請求項 7】

前記場所リソース割り当て部は、前記場所リソースを割り当てた後、時刻別の場所リソースに基づいて各時刻における場所の変動範囲を推定し、各時刻における場所が前記変動範囲内で変動した場合に必要な最大のリソース量以上を、時刻別かつ場所別の前記必要リソース量とする、請求項 4 に記載の車両用通信システム。

【請求項 8】

前記基地局を複数備え、複数の前記基地局は、複数のネットワークのいずれかに属しており、かつ、異なる前記ネットワークに属している複数の前記基地局の通信範囲である複

50

数の基地局エリアは相互に一部重なっており、

前記場所リソース割り当て部は、異なる前記ネットワークに属している複数の前記基地局エリアが重なっている重複領域については、複数の前記ネットワークを使用する条件が成立した場合、複数の前記ネットワークに属する複数の前記基地局に対して要求するリソース量の合計が、前記無線リソースマップと前記必要通信速度とに基づいて定まるリソース量以上になるように、各基地局に対して要求する前記必要リソース量を決定する請求項4に記載の車両用通信システム。

【請求項9】

前記割り当て部は、前記リソース割り当て要求が示している時刻および場所において必要なリソース量と、割り当て済みのリソース量とを合計したリソース量が、前記基地局に割り当てられているリソース総量に1以上の係数を乗じた最大許容リソース量以下となる場合に、前記リソース割り当て要求が要求している必要なリソース量を、前記リソース割り当て要求を送信した前記車両用通信装置に割り当てることができると判断する、請求項2に記載の車両用通信システム。

【請求項10】

前記割り当て部は、前記係数を、時刻および場所の少なくとも一方に基づいて変更する請求項9に記載の車両用通信システム。

【請求項11】

前記割り当て部は、事故発生頻度が高い予め設定された区間の前記係数を、事故発生頻度が低い予め設定された区間の前記係数よりも小さくする請求項9に記載の車両用通信システム。

【請求項12】

前記割り当て部は、時刻別の場所リソースおよび無線リソースを割り当てた後、時刻別の前記場所リソースにより定まる走行計画に対して走行速度を変更した変更計画と、変更前の走行計画のそれぞれに対して、移動距離および移動時間のいずれか一方と、計画に沿って走行した場合の無線リソースの利用率の最大値とを評価した値である評価値を算出し、前記評価値に基づいて、前記走行計画により定まる時刻別の前記場所リソースの割り当てを変更するか否かを決定する請求項1～11のいずれか1項に記載の車両用通信システム。

【請求項13】

前記リソース割り当て要求は、前記無線リソースの割り当てを要求する区間と、移動とは別の用途のための通信である他用途通信を行う時間帯を含み、時刻別の場所および前記無線リソースの割り当てを要求するものであり、

前記場所リソース割り当て部は、前記リソース割り当て要求に前記他用途通信を行う時間帯が含まれていれば、調整可能な走行速度範囲で前記区間を走行する場合に前記他用途通信を行う時間帯内に滞在可能な場所の変動範囲において、前記他用途通信のために滞在することなく前記区間を走行する場合よりも通信効率が向上する場所に、前記他用途通信を行う時間帯の少なくとも一部の間滞在する、時刻別の前記場所リソースの割り当てを決定する請求項4に記載の車両用通信システム。

【請求項14】

前記車両用通信装置は、車車間通信を行う車車間通信部(215)をさらに備え、

前記場所リソース割り当て部は、複数の前記車両でそれぞれ用いられる複数の前記車両用通信装置に対して、まとめて前記時刻別の場所および前記無線リソースを割り当て可能であり、前記無線リソースマップを参照して、前記場所リソースを割り当てようとする走行経路の一部に前記必要リソース量に対して割り当て可能な前記無線リソースが不足する区間があると判断しても、前記無線リソースが不足する区間に位置する前記車両用通信装置に対して、不足する前記無線リソースを、前記走行経路において前記無線リソースが不足する区間の前後に位置する前記車両用通信装置を用いた中継により提供可能となる場合、前記無線リソースが不足する区間を走行する走行経路を、前記場所リソースを割り当てる走行経路の候補とする請求項4または6に記載の車両用通信システム。

【請求項 15】

前記車両に搭載され、前記車両用通信装置を介した通信に基づいて前記車両の走行に関する制御を行う走行制御装置(22)を備え、

前記走行制御装置は、前記車両側受信部が受信した前記割り当て結果が、前記リソース割り当て要求に応じた前記時刻別の場所および前記無線リソースが割り当てられたという結果であることを条件として、前記車両の走行に関する制御を行う請求項1～14のいずれか1項に記載の車両用通信システム。

【請求項 16】

車両で用いられ、無線通信を行う車両用通信装置(21、121)であって、

前記車両の外部へ信号を無線送信する車両側送信部(213)と、前記車両の外部から無線送信される信号を受信する車両側受信部(214)と、前記車両側送信部および前記車両側受信部を制御する車両側通信制御部(212)とを備え、

前記車両側受信部は、管理装置から、リソース割り当て要求が要求した時刻別の場所であって同じ時刻に複数の前記車両が割り当てられないようになっている場所および無線リソースが割り当てられたか否かを示す割り当て結果を受信し、

前記車両側通信制御部は、前記車両側受信部が受信した割り当て結果に基づいて、前記車両側送信部と前記車両側受信部を制御する車両用通信装置。

【請求項 17】

無線リソースの管理を行う管理装置(4)であって、

時刻別の場所において前記無線リソースの割り当てを要求するリソース割り当て要求を受信する管理装置側受信部(44)と、

前記管理装置側受信部が受信した前記リソース割り当て要求に応じて、車両で用いられ、無線通信を行う車両用通信装置に、前記時刻別の場所であって同じ時刻に複数の前記車両が割り当てられないようになっている場所および前記無線リソースを割り当てる割り当て部(42)と、

前記割り当て部の割り当て結果を、前記車両用通信装置へ送信する管理装置側送信部(43)とを備える管理装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

車両用通信システム、その車両用通信システムが備える車両用通信装置および管理装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

特許文献1には、車載端末が、車両の走行予定経路、走行予定経路を走行する予定時間、および、予約を希望する通信帯域を含む無線リソース割り当て要求を、管理サーバに送信することで、予め無線リソースを予約しておく技術が開示されている。

【0003】

特許文献1に開示されている技術では、管理サーバは、無線リソース割り当て要求から定まる基地局エリアおよび時間帯に、要求された量の無線リソースを確保できるか否かを判断している。確保できると判断した場合には、要求された量の無線リソースを、無線リソース割り当て要求を送信した車載端末に割り当てている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【特許文献1】特開2014-3355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では、無線リソースの割り当ては基地局エリア別に行われる。基地局別に、

10

20

30

40

50

通信で使用する周波数帯域を管理しているからである。よって、特許文献 1 の技術を適用する場合、車両で用いられる通信装置は、割り当てられた無線リソースを使用するときには、無線リソースを割り当てられた基地局エリア内に位置していなければならない。

【 0 0 0 6 】

また、同じ基地局エリア内でも、通信効率や利用可能な周波数領域が場所により異なることがあり、この通信効率や利用可能な周波数領域の違いに起因して、同じ基地局エリア内に同じ数の通信装置が存在していても、同時に通信できる通信装置の数に違いが生じることもある。よって、エリア内の通信効率や利用可能な周波数領域の違いも考慮して無線リソースを割り当てた場合には、無線リソースの割り当て時に想定した場所に通信装置が存在している必要がある。

10

【 0 0 0 7 】

このように、通信装置は、割り当てられた無線リソースを使用するとき、エリア内のどこに存在していてもよいというわけではなく、無線リソースの割り当て時に想定した場所に存在している必要がある。

【 0 0 0 8 】

通信装置は、無線リソースの割り当て時に想定した場所に存在していない場合には、割り当てられた無線リソースを使用できない恐れがある。

【 0 0 0 9 】

本開示は、この事情に基づいて成されたものであり、その目的とするところは、無線リソースが割り当てられたにもかかわらず、割り当てられた無線リソースを使用できないことを抑制する車両用通信システム、車両用通信装置、管理装置を提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

上記目的は独立請求項に記載の特徴の組み合わせにより達成され、また、下位請求項は更なる有利な具体例を規定する。特許請求の範囲に記載した括弧内の符号は、一つの態様として後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものであって、開示した技術的範囲を限定するものではない。

【 0 0 1 1 】

上記目的を達成するための車両用通信システムに係る 1 つの開示は、
車両 (5 、 5 A 、 5 B) で用いられる車両用通信装置 (2 1 、 1 2 1) と、
無線リソースの管理を行う管理装置 (4 、 4 A 、 4 C) とを備えた車両用通信システムであって、

30

時刻別の場所および無線リソースの割り当てを要求するリソース割り当て要求を管理装置へ送信する要求送信部を備え、

車両用通信装置は、車両の外部へ信号を無線送信する車両側送信部 (2 1 3) と、車両の外部から無線送信される信号を受信する車両側受信部 (2 1 4) と、車両側送信部および車両側受信部を制御する車両側通信制御部 (2 1 2) とを備え、

管理装置は、

リソース割り当て要求を受信する管理装置側受信部 (4 4) と、

管理装置側受信部が受信したリソース割り当て要求に応じて、リソース割り当て要求を送信した車両用通信装置に、時刻別の場所であって同じ時刻に複数の車両が割り当てられないようになっている場所および無線リソースを割り当てする割り当て部 (4 2) と、

40

割り当て部の割り当て結果を、リソース割り当て要求を送信した車両用通信装置へ送信する管理装置側送信部 (4 3) とを備え、

車両側受信部は、割り当て結果を受信し、

車両側通信制御部は、車両側受信部が受信した割り当て結果に基づいて、車両側送信部と車両側受信部を制御する。

【 0 0 1 2 】

この車両用通信システムでは、管理装置は、車両用通信装置に対して、時刻別の無線リソースを割り当てているだけでなく、時刻別の場所も割り当てている。したがって、無

50

線リソースは割り当てられたが、無線リソースを割り当てられた時刻に無線リソースを使用できる場所に位置することができず、割り当てられた無線リソースを使用できないことが抑制される。

【 0 0 1 3 】

上記目的を達成するための車両用通信装置に係る開示は、上記車両用通信システムが備える車両用通信装置である。すなわち、

車両で用いられ、無線通信を行う車両用通信装置（ 2 1 、 1 2 1 ）であって、

車両の外部へ信号を無線送信する車両側送信部（ 2 1 3 ）と、車両の外部から無線送信される信号を受信する車両側受信部（ 2 1 4 ）と、車両側送信部および車両側受信部を制御する車両側通信制御部（ 2 1 2 ）とを備え、

車両側受信部は、管理装置から、リソース割り当て要求が要求した時刻別の場所であって同じ時刻に複数の車両が割り当てられないようになっている場所および無線リソースが割り当てられたか否かを示す割り当て結果を受信し、

車両側通信制御部は、車両側受信部が受信した割り当て結果に基づいて、車両側送信部と車両側受信部を制御する。

【 0 0 1 4 】

上記目的を達成するための管理装置に係る開示は、上記車両用通信システムが備える管理装置である。すなわち、

無線リソースの管理を行う管理装置（ 4 ）であって、

時刻別の場所において無線リソースの割り当てを要求するリソース割り当て要求を受信する管理装置側受信部（ 4 4 ）と、

管理装置側受信部が受信したリソース割り当て要求に応じて、車両で用いられ、無線通信を行う車両用通信装置に、時刻別の場所であって同じ時刻に複数の車両が割り当てられないようになっている場所および無線リソースを割り当てる割り当て部（ 4 2 ）と、

割り当て部の割り当て結果を、車両用通信装置へ送信する管理装置側送信部（ 4 3 ）とを備える。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 5 】

【 図 1 】 車両用通信システム 1 の概略構成を説明する図である。

【 図 2 】 車載システム 2 の構成を示す図である。

【 図 3 】 管理サーバ 4 の構成を示す図である。

【 図 4 】 車両側通信制御部 2 1 2 が実行する処理を示すフローチャートである。

【 図 5 】 サーバ側通信制御部 4 2 が実行する処理を示すフローチャートである。

【 図 6 】 場所リソースが割り当てられている状態を説明する図である。

【 図 7 】 基地局エリア 7 A 、 7 B の道路 6 に沿った範囲を示す図である。

【 図 8 】 位置と通信効率との関係を示す図である。

【 図 9 】 無線リソースを割り当て可能な例を説明する図である。

【 図 1 0 】 図 9 に対応する、リソース量の時間変化を示す図である。

【 図 1 1 】 無線リソースが割り当てられない例を説明する図である。

【 図 1 2 】 図 1 1 に対応する、リソース量の時間変化を示す図である。

【 図 1 3 】 第 2 実施形態となる車両用通信システム 1 A の構成を示す図である。

【 図 1 4 】 第 2 実施形態において計画サーバ 9 A が実行する処理を示す図である。

【 図 1 5 】 図 1 4 の S 3 2 の詳細処理を示すフローチャートである。

【 図 1 6 】 走行計画リスト 1 0 から取得した走行計画の例を概念的に示す図である。

【 図 1 7 】 上段は基地局別の電波マップ 1 1 であり、下段は予約リソース量を示すグラフである。

【 図 1 8 】 S 3 2 0 8 で実行する処理を具体的に説明する図である。

【 図 1 9 】 第 2 実施形態においてリソース管理サーバ 8 A のサーバ側通信制御部 4 2 が実行する処理を示す図である。

【 図 2 0 】 第 3 実施形態において計画サーバ 9 A が実行する処理の一部を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 2 1】図 2 0 の S 3 2 A の詳細処理を示す図である。

【図 2 2】第 3 実施形態においてリソース管理サーバ 8 A が実行する処理を示す図である。

【図 2 3】第 4 実施形態において計画サーバ 9 A が実行する処理の一部を示す図である。

【図 2 4】図 2 3 の S 3 2 B の詳細処理を示す図である。

【図 2 5】図 2 4 の S 3 2 B 1 の処理を具体的に説明する図である、

【図 2 6】第 5 実施形態の車両用通信システム 1 C の構成を示す図である。

【図 2 7】第 5 実施形態において計画サーバ 9 A が実行する処理を示す図である。

【図 2 8】上段は基地局別の電波マップ 1 1、中段、下段は、第 1 ネットワーク、第 2 ネットワークに対する予約リソース量である。

【図 2 9】第 6 実施形態の車両用通信システムが備え車載システム 1 0 2 の構成を示す図である。

【図 3 0】第 6 実施形態における計画サーバ 9 A の処理を具体的に説明するための図である。

【図 3 1】上段は経路 R 4 上の電波マップ 1 1 であり、下段は必要リソース量を示すグラフである。

【図 3 2】2 台の車両 5 A、5 B の走行計画と予約リソース量を示すグラフである。

【図 3 3】第 7 実施形態において計画サーバ 9 A が実行する処理の一部を示す図である。

【図 3 4】車両 5 A に搭載された車載システム 2 がリソース割り当て要求を送信した状態を示す図である。

【図 3 5】第 7 実施形態において決定する予約リソース量を具体的に説明する図である。

【図 3 6】第 8 実施形態で考慮する雨天領域 R r と区画線かすれ領域 R p を示す図である。

【図 3 7】第 8 実施形態において計画サーバ 9 A が実行する処理の一部を示す図である。

【図 3 8】リスク係数を例示する図である。

【図 3 9】複数の周波数領域に対する通信効率を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0016】

< 第 1 実施形態 >

[全体構成]

以下、実施形態を図面に基づいて説明する。図 1 は、車両用通信システム 1 の概略構成を説明する図である。車両用通信システム 1 は、車載システム 2 と、基地局 3 と、管理装置である管理サーバ 4 とを備えている。

【0017】

車載システム 2 は、車両 5 に搭載されているシステムである。車載システム 2 は、車両 5 の通信制御および自動運転制御を行う。

【0018】

基地局 3 は、車載システム 2 の一部である車両用通信装置 2 1 (図 2 参照) と管理サーバ 4 との間の信号の送受信を中継する装置であり、車両用通信装置 2 1 との間で無線通信を行う無線通信機能と、管理サーバ 4 との間で通信を行う通信機能とを備える。

【0019】

図 1 には、2 つの基地局 3 A、3 B が示されている。基地局 3 A、3 B を区別しないときは基地局 3 としている。図示の便宜上、図 1 には 2 つの基地局 3 A、3 B を示しているが、基地局 3 の数は、通常、3 つ以上であり、基地局 3 の数に制限はない。

【0020】

基地局 3 と車両用通信装置 2 1 との間の通信方式に特に制限はない。第 1 実施形態では、基地局 3 と車両用通信装置 2 1 との間の通信方式は L T E であるとする。L T E は、適応変調を行う通信方式である。なお、基地局 3 と車両用通信装置 2 1 との間の通信に、L T E とは別の方式で適応変調を行う通信方式を採用してもよいし、また、適応変調ではない通信方式を採用してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 1 】

管理サーバ 4 と基地局 3 とは相互に通信可能に接続されている。管理サーバ 4 と基地局 3 との間は、有線通信でも無線通信でもよい。管理サーバ 4 は、基地局 3 と車両用通信装置 2 1 の間の通信において用いる無線リソースの管理を行う。無線リソースは、具体的には、基地局 3 別および時間別の使用周波数帯である。換言すれば、無線リソースは、基地局 3 別の時間スロットと周波数スロットである。なお、周波数スロットはサブキャリアの周波数帯域である。LTE の場合、無線リソースは、時間スロットと周波数スロットとで区画されたりリソースブロックを単位として管理される。なお、通信方式が異なれば、無線リソースは異なる物理量、たとえば、周波数幅、時間スロット、符号数などになることもある。

10

【 0 0 2 2 】

また、同じ時刻に同じ場所に複数の車両 5 が位置することはできない。したがって、同じ時刻に同じ場所に存在する必要がある無線リソースを別々の車両用通信装置 2 1 に割り当てても、予定通りに通信を行うことができない。そこで、管理サーバ 4 は、無線リソースを割り当てた時刻における車両 5 の場所も管理する。

【 0 0 2 3 】

車両 5 は、道路 6 を走行する車両であれば特に限定はない。4 輪車、オートバイ、自転車などが車両に含まれる。

【 0 0 2 4 】

〔 車載システム 2 の構成 〕

車載システム 2 の構成を図 2 に示す。車載システム 2 は、車両用通信装置 2 1 と、自動運転装置 2 2 と、位置検出器 2 3 とを備える。

20

【 0 0 2 5 】

車両用通信装置 2 1 は、基地局 3 との間で無線通信を行う装置であり、車両側通信部 2 1 1 と車両側通信制御部 2 1 2 とを備えている。車両側通信部 2 1 1 は、車両側送信部 2 1 3 と車両側受信部 2 1 4 とを備えており、これらにより、無線による信号の送信および受信を行う。車両側通信部 2 1 1 が通信に用いる周波数帯は予め決まっている。たとえば、2.1 GHz 帯、1.9 GHz 帯、1.8 GHz 帯などである。車両側通信部 2 1 1 は、予め用意されている複数の周波数帯から 1 つ以上の周波数帯を用いることができる。

【 0 0 2 6 】

車両側送信部 2 1 3 は、予め設定された通信チャネルにより定まる周波数の電波を搬送波として、車両側通信制御部 2 1 2 から供給される信号を増幅、変調して、電波として車両 5 の外部へ送信する。

30

【 0 0 2 7 】

車両側受信部 2 1 4 は、予め設定された通信チャネルにより定まる周波数の電波を受信し、受信した電波を増幅、復調、復号等して、受信した電波から信号を取り出し、取り出した信号を車両側通信制御部 2 1 2 へ出力する。

【 0 0 2 8 】

車両側通信制御部 2 1 2 は、CPU、RAM、ROM、I/O、およびこれらの構成を接続するバスラインなどを備えたコンピュータである。ROM には、汎用的なコンピュータを車両側通信制御部 2 1 2 として機能させるための通信制御プログラムが格納されている。ただし、通信制御プログラムは、非遷移的実体的記録媒体 (non-transitory tangible storage medium) に格納されていればよく、具体的な記憶媒体は ROM に限らない。例えば通信制御プログラムはフラッシュメモリに保存されていてもよい。

40

【 0 0 2 9 】

CPU が通信制御プログラムを実行することは、通信制御プログラムに対応する方法が実行されることに相当する。また、車両側通信制御部 2 1 2 が備える機能の一部または全部を、一つあるいは複数の IC 等を用いて (換言すればハードウェアとして) 実現してもよい。また、車両側通信制御部 2 1 2 が備える機能ブロックの一部又は全部を、CPU によるソフトウェアの実行とハードウェア部材の組み合わせによって実現してもよい。

50

【 0 0 3 0 】

C P Uが通信制御プログラムを実行することで、車両側通信制御部 2 1 2 は、車両側送信部 2 1 3 および車両側受信部 2 1 4 を制御して、信号の送受信を行う。車両側通信制御部 2 1 2 の詳しい制御は、図 4 などを用いて後述する。

【 0 0 3 1 】

自動運転装置 2 2 は、車両 5 の自動運転を行う装置である。第 1 実施形態での自動運転は、少なくとも通常時はドライバーが運転操作をしなくてよいレベルの自動運転である。自動運転装置 2 2 は、自動運転を行うために、車両 5 の加減速制御、操舵制御を行う。また、自動運転装置 2 2 は、逐次、将来の走行経路を計画し、かつ、その計画（以下、走行計画）を更新しながら車両 5 の挙動を制御する。走行計画には、予定走行経路と、予定走行経路上の各位置を通過する予定時刻とが含まれる。また、自動運転装置 2 2 は、自動運転を行うために、位置検出器 2 3 から逐次現在位置を取得し、また、車両用通信装置 2 1 との間で相互に信号の送受信が可能である。

10

【 0 0 3 2 】

自動運転装置 2 2 は走行制御装置の一例であり、車両用通信装置 2 1 を介した通信も行い、その通信に基づいた車両 5 の走行に関する制御を行う。たとえば、自動運転装置 2 2 は、通信により、他の車両 5 の位置を受信して、他の車両 5 と自車両との相対位置を調整するために、加減速制御および操舵制御の一方または両方を行う。また、車両 5 の走行に関する制御には、車両 5 の走行を遠隔監視するために、車両 5 の周辺を撮像した周辺画像を連続的に管理サーバ 4 へ送信する制御を含ませることができる。

20

【 0 0 3 3 】

位置検出器 2 3 は、車両 5 の現在位置を逐次検出する。この現在位置は自動運転装置 2 2 へ供給される。自動運転装置 2 2 は、現在位置を、車両 5 の加減速制御、進行方向制御に用いる。

【 0 0 3 4 】

〔 管理サーバ 4 の構成 〕

管理サーバ 4 の構成を図 3 に示す。管理サーバ 4 は、サーバ側通信部 4 1 と、サーバ側通信制御部 4 2 とを備える。サーバ側通信部 4 1 は、サーバ側送信部 4 3 とサーバ側受信部 4 4 とを備える。サーバ側通信部 4 1 は、基地局 3 と通信可能に接続されている。サーバ側送信部 4 3 は、管理装置側送信部であり、基地局 3 を介して車両用通信装置 2 1 に信号を送信する。サーバ側受信部 4 4 は、管理装置側受信部であり、基地局 3 を介して車両用通信装置 2 1 から送信される信号を受信する。

30

【 0 0 3 5 】

サーバ側通信制御部 4 2 は、C P U、R A M、R O M、I / O、およびこれらの構成を接続するバスラインなどを備えたコンピュータである。R O Mには、汎用的なコンピュータをサーバ側通信制御部 4 2 として機能させるためのプログラムが格納されている。このプログラムは、R O Mとは別の非遷移的実体的記録媒体に記憶されていてもよい。C P Uがこのプログラムを実行することは、プログラムに対応する方法が実行されることに相当する。また、サーバ側通信制御部 4 2 が備える機能の一部または全部を、一つあるいは複数の I C 等を用いて実現してもよい。また、サーバ側通信制御部 4 2 が備える機能ブロックの一部又は全部を、C P Uによるソフトウェアの実行とハードウェア部材の組み合わせによって実現してもよい。

40

【 0 0 3 6 】

サーバ側通信制御部 4 2 は、サーバ側送信部 4 3 およびサーバ側受信部 4 4 を制御して、信号の送受信を行う。管理サーバ 4 と車両用通信装置 2 1 との間の通信は、基地局 3 を介して行われる。つまり、管理サーバ 4 と車両用通信装置 2 1 との間の通信が行われる場合、車両用通信装置 2 1 と基地局 3 との通信が行われる。

【 0 0 3 7 】

サーバ側通信制御部 4 2 は割り当て部に相当しており、車両用通信装置 2 1 と基地局 3 とが通信を行うために、その通信に対して無線リソースを割り当て、かつ、車両用通信装

50

置 2 1 に場所リソースを割り当てる。サーバ側通信制御部 4 2 の詳しい制御は、図 5 などを用いて後述する。

【 0 0 3 8 】

〔車両側通信制御部 2 1 2 が実行する処理〕

車両側通信制御部 2 1 2 は、図 4 に示す処理を、信号の送受信を行う周期で実行する。ステップ（以下、ステップを省略）S 1 では予約タイミングになったか否かを判断する。予約タイミングは、管理サーバ 4 に対して、リソース割り当て要求を送信するタイミングである。

【 0 0 3 9 】

管理サーバ 4 は、リソース割り当て要求を受信した場合、そのリソース割り当て要求を送信した車両用通信装置 2 1 に対して、将来の無線リソースおよび場所リソースを割り当てる。無線リソースは、前述したように、基地局 3 別の時間スロットと周波数スロットである。予約タイミングは、たとえば、無線リソースが割り当てられた時刻が終了する一定時間前、あるいは、割り当てられた場所リソースの走行が終了する一定距離前などである。また、走行計画を変更した場合に予約タイミングであると判断してもよい。S 1 の判断が N O であれば、後述する S 9 に進む。一方、S 1 の判断が Y E S であれば S 2 へ進む。

【 0 0 4 0 】

S 2 では、自動運転装置 2 2 から走行計画を取得する。S 3 では、リソース割り当て要求を生成する。リソース割り当て要求は、車両用通信装置が基地局 3 と通信を行うための時刻別の場所および無線リソースの割り当てを要求する情報である。具体的には、リソース割り当て要求は、車両用通信装置 2 1 の I D （以下、装置 I D ）、無線リソースの割り当てを要求する時間帯あるいは区間、走行計画、必要な通信速度（以下、必要通信速度）を含んでいる。

【 0 0 4 1 】

装置 I D は、車両側通信制御部 2 1 2 が備える R O M など、所定の記憶部に記憶されている。割り当てを要求する時間帯の開始時刻は、既に無線リソースが割り当てられている時間帯の最後の時刻とする。割り当てを要求する時間帯の長さは、たとえば、走行計画により車両位置が推定できる最も先の時間を超えない範囲で、開始時刻からの一定時間である。割り当てを要求する区間の開始位置は、既に無線リソースが割り当てられている区間において最後に通過予定の位置とする。割り当てを要求する区間の長さは、たとえば、走行計画により車両位置が推定できる区間内において、開始位置からの一定距離である。

【 0 0 4 2 】

必要通信速度は、自動運転のために、割り当てを要求する時間帯に車両用通信装置 2 1 が送受信する予定の通信で必要となる通信速度である。この通信速度は、単純に一定値とすることもできる。また、要求する通信速度が周期的に変動するなど、時間により要求する通信速度が変化してもよい。また、場所により要求する（すなわち必要とする）通信速度が変化してもよい。

【 0 0 4 3 】

S 4 では、S 3 で生成したリソース割り当て要求を、車両側送信部 2 1 3 から管理サーバ 4 に対して送信する。車両側送信部 2 1 3 がリソース割り当て要求を送信するので、第 1 実施形態では、車両側送信部 2 1 3 が要求送信部である。このリソース割り当て要求は、この時点で車両 5 が存在している位置を通信エリアとしている基地局 3 により受信されて、その基地局 3 を介して管理サーバ 4 に受信される。

【 0 0 4 4 】

管理サーバ 4 は、リソース割り当て要求を受信すると、そのリソース割り当て要求が要求する無線リソースおよび場所リソースを割り当てることができるか否かを判断する。そして、判断結果である割り当て結果を、リソース割り当て要求を送信した車両用通信装置 2 1 へ返信する。

【 0 0 4 5 】

車両側通信制御部 2 1 2 は、S 5 において、その割り当て結果を受信する。管理サーバ

10

20

30

40

50

4 は、リソース割り当て要求で要求されている通りに無線リソースおよび場所リソースを割り当てることができない場合に、割り当て結果として、走行計画の変更を提案することがある。S 6 では、受信した割り当て結果が変更提案であるか否かを判断する。S 6 の判断が N O であれば S 9 へ進み、Y E S であれば S 7 へ進む。

【 0 0 4 6 】

S 7 では、変更提案に従って走行計画を変更できるか否かを判断する。変更提案は、ルート変更である場合もあれば、ルートは変更しないが、各位置を通過する時刻を変更する提案の場合もある。走行計画を変更可能である場合、すなわち S 7 の判断が Y E S である場合は S 8 へ進む。S 8 では、割り当て結果で提案されている通りに走行計画を変更する。S 8 を実行後は S 9 へ進む。S 7 の判断が N O であった場合は、S 8 を実行することなく S 9 へ進む。

10

【 0 0 4 7 】

S 9 では、現在の場所および時刻に対して割り当てられている無線リソースがあるか否かを判断する。この判断が N O であれば S 1 0 を実行することなく図 4 の処理を終了する。一方、S 9 の判断が Y E S であれば S 1 0 へ進む。S 1 0 では、車両側送信部 2 1 3、車両側受信部 2 1 4 の一方または両方を制御して、割り当てられている無線リソースで通信を行う。

【 0 0 4 8 】

S 1 0 を実行することなく図 4 の処理を終了した場合、車両用通信装置 2 1 は無線通信を行わないことになる。車両用通信装置 2 1 が無線通信を行わない場合、自動運転装置 2 2 は、車両用通信装置 2 1 を介した通信に基づいた車両 5 の走行に関する制御を行うことができない。よって、自動運転装置 2 2 が、車両用通信装置 2 1 を介した通信に基づいた車両 5 の走行に関する制御を行うためには、割り当て結果が、リソース割り当て要求が要求した場所および無線リソースが割り当てられたという結果であることが条件となる。

20

【 0 0 4 9 】

[サーバ側通信制御部 4 2 が実行する処理]

次に、サーバ側通信制御部 4 2 が実行する処理を説明する。サーバ側通信制御部 4 2 は、図 5 に示す処理を周期的に実行する。S 2 1 では、リソース割り当て要求を受信したか否かを判断する。S 2 1 の判断が N O であれば図 5 に示す処理を終了する。一方、S 2 1

30

【 0 0 5 0 】

S 2 2 では、受信したリソース割り当て要求にて要求されている通りに、場所リソースを割り当てることができるか否かを判断する。リソース割り当て要求には走行計画が含まれているので、走行計画から、リソース割り当て要求を送信した車両用通信装置 2 1 が各時刻に存在する予定の場所を推定できる。推定した場所が、管理サーバ 4 が管理している他の車両用通信装置 2 1 の各時刻における場所と重ならなければ、リソース割り当て要求にて要求されている通りに、場所リソースを割り当てることができると判断する。

【 0 0 5 1 】

図 6 は、この S 2 2 の判断を概念的に説明している図であり、時刻別の場所リソースの割り当て状況を示している。図 6 において「A」「B」はそれぞれ、図 9 に示す車両 5 A、5 B を意味している。車両 5 B に搭載された車両用通信装置 2 1 が、今回、リソース割り当て要求を送信したとし、車両 5 A に搭載されている車両用通信装置 2 1 に対しては、すでに、時刻 t 0 から時刻 t 1 までの場所リソースが割り当てられているとする。

40

【 0 0 5 2 】

今回、リソース割り当て要求を送信した車両 5 B の場所リソースは、図 6 に示すように車両 5 A と重なっていない。したがって、場所リソースを割り当てることができると判断する。これとは異なり、すでに割り当て済みの場所リソースと一部でも重なりがある場合には、場所リソースを割り当てることができないと判断する。S 2 2 の判断が N O であれば S 2 5 へ進み、Y E S であれば S 2 3 へ進む。

50

【 0 0 5 3 】

S 2 3では、無線リソースを割り当てることができるか否かを判断する。S 2 3の判断処理を図7から図12を用いて詳しく説明する。図7には、道路6において基地局3Aの通信範囲となっている基地局エリア7Aと、基地局3Bの通信範囲となっている基地局エリア7Bとを示している。基地局エリア7Aと基地局エリア7Bは一部が重複している。以下では、基地局3を特定しない基地局エリアを基地局エリア7とする。

【 0 0 5 4 】

管理サーバ4には、各基地局3の基地局エリア7が、サーバ側通信制御部42のROMあるいはその他の記憶部に記憶されている。サーバ側通信制御部42は、この記憶されている基地局エリア7と、リソース割り当て要求に含まれている走行計画から、車両5がどの基地局エリア7をいつ通過するかを決定する。

10

【 0 0 5 5 】

また、サーバ側通信制御部42は、各基地局3の通信計画を管理している。通信計画は、時間スロットと周波数スロットの組み合わせである。

【 0 0 5 6 】

また、管理サーバ4は、位置と通信効率(Mbps/Hz)との関係を、ROMあるいはその他の記憶部に記憶している。第1実施形態では、基地局3と車両用通信装置21との間の通信方式はLTEであり、LTEは適応変調を行うので通信効率が一定ではない。電波環境に応じて通信効率が変化し、電波環境は位置により変化する。よって、位置により通信効率が変化する。

20

【 0 0 5 7 】

図8は、位置と通信効率との関係を説明する図であり、横軸のパラメータである位置は、道路に沿った方向の位置である。図8は、記憶部に記憶されている位置と通信効率との関係を、道路に沿った方向の位置で切り出した図である。

【 0 0 5 8 】

リソース割り当て要求で要求されている通信速度が一定であるとしても、通信効率が低い地点では、同じ通信速度を確保するためには、通信効率が高い地点よりも多くのリソースブロックが必要になる。各基地局3が利用可能なリソースブロックの総量(すなわちリソース総量)は予め決まっていることから、多くのリソースブロックを割り当てるほど、占有率が高くなる。なお、占有率は、基地局3が利用可能なリソースブロックの総量に占める、リソース割り当て要求を送信した車両用通信装置21に割り当てたリソースブロックの比率である。

30

【 0 0 5 9 】

今回のリソース割り当て要求が無線リソースの割り当てを要求している各時刻において、割り当て済みリソースブロックの量(以下、リソース量)と、今回のリソース割り当て要求が要求している通信速度での通信を可能とするために必要なリソース量とを合計した合計リソース量を算出する。

【 0 0 6 0 】

すべての時刻において、この合計リソース量が、基地局3に対して割り当てられているリソース総量に係数Nを乗じた値である最大許容リソース量以下であれば、今回のリソース割り当て要求で要求された無線リソースを割り当て可能であると判断する。一方、少なくともいずれかの時刻において、合計リソース量が最大許容リソース量を超えていれば、今回のリソース割り当て要求で要求された無線リソースを割り当てることができないと判断する。

40

【 0 0 6 1 】

係数Nは1以上であれば任意に設定可能な数値であり、たとえば1である。1よりも大きな数値を設定した場合には、無線リソースを割り当てたすべての車両用通信装置21が、割り当てられたすべての無線リソースを使用すると輻輳が生じることになる。しかし、無線リソースを割り当てても、割り当てられた無線リソースを全部は使用しないことも多い。特に、無線リソースを確保しておく目的が、異常時における通信容量の確保である場

50

合には、無線リソースが割り当てられても、その無線リソースを使用しない割合が高い。なお、異常時における通信は、たとえば、自動運転装置 2 2 による自動運転が何らかの事情で困難になったときに、周辺画像などの遠隔監視用データを車両 5 の外部に送信して、遠隔運転を行う際の通信である。

【 0 0 6 2 】

このように、無線リソースを割り当てても、車両用通信装置 2 1 は割り当てられた無線リソースを全部は使用しないことを考慮して、無線リソースを有効活用できるようにするために係数 N を 1 よりも大きい値に設定できるようにしている。

【 0 0 6 3 】

次に、図 9、図 1 0 を用いて、無線リソースを割り当て可能な例を説明する。図 9 において、車両 5 A は基地局エリア 7 A の端付近に位置しており、車両 5 B は、車両 5 A と同じ道路 6 において車両 5 A の後方を走行している。道路 6 に沿った方向における基地局エリア 7 A 通信効率が図 8 に示した変化をすると仮定する。位置 P 1 は基地局エリア 7 A の道路 6 に沿った方向の一方の端であり、位置 P 2 は基地局エリア 7 A の道路 6 に沿った方向の他方の端である。

【 0 0 6 4 】

車両 5 A に搭載された車両用通信装置 2 1 は、管理サーバ 4 に送信するリソース割り当て要求において、車両 5 A が位置 P 1 から位置 P 2 まで移動する間の必要な通信速度として、一定速度を要求すると仮定する。

【 0 0 6 5 】

一定速度を要求しても、図 8 に示したように、通信効率は位置により変化する。通信効率が低いほど、割り当てる必要があるリソース量は少なく、反対に、通信効率が低いほど割り当てる必要があるリソース量が多くなる。そのため、車両 5 A に搭載された車両用通信装置 2 1 に対して割り当てられたリソース量は、図 1 0 に破線で示す形状となる。図 1 0 に破線で示す形状は、図 8 に示す波形と増減の傾向が反転した波形である。なお、車両 5 A は、時刻 t_{10} に位置 P 1 に位置しており、時刻 t_{15} に位置 P 2 に位置する。

【 0 0 6 6 】

車両 5 A が基地局エリア 7 A を走行する際の無線リソースが割り当てられた後に、車両 5 B に搭載された車両用通信装置 2 1 が、基地局エリア 7 A を走行する際の無線リソースを予約するためのリソース割り当て要求を送信した場合を考える。

【 0 0 6 7 】

説明を分かりやすくするために、車両 5 B に搭載された車両用通信装置 2 1 が送信するリソース割り当て要求は、基地局エリア 7 A を通過する時刻が異なる以外は、車両 5 A に搭載された車両用通信装置 2 1 が送信したリソース割り当て要求と同じであるとする。車両 5 B は時刻 t_{12} に位置 P 1 を通過し、時刻 t_{17} に位置 P 2 を通過する予定であるとする。

【 0 0 6 8 】

この場合、車両 5 B に搭載された車両用通信装置 2 1 が各位置で必要とするリソース量は、車両 5 A に搭載された車両用通信装置 2 1 が各位置で必要とするリソース量と同じである。ただし、車両 5 B は車両 5 A が通過した位置を、車両 5 A よりも後の時刻で通過する。よって、車両 5 B が基地局エリア 7 A を通過する間に車両 5 B に搭載された車両用通信装置 2 1 が必要とするリソース量と時刻との関係である図 1 0 に示す実線は、図 1 0 に示す破線を平行移動したものとなる。

【 0 0 6 9 】

各時刻において、破線が示すリソース量と実線が示すリソース量とを足し合わせた値が、前述した合計リソース量である。図 1 0 には、最大許容リソース量も示している。図 1 0 においては、時刻 t_{13} において、合計リソース量が最大になる。時刻 t_{13} における合計リソース量を両矢印で示している。時刻 t_{13} における合計リソース量は最大許容リソース量よりも少ない。よって、図 1 0 の例では、すべての時刻において、合計リソース量が最大許容リソース量以下である。したがって、リソース割り当て要求に即した無線リ

10

20

30

40

50

ソースが割り当て可能であることになる。

【 0 0 7 0 】

次に、図 1 1、図 1 2 を用いて、リソース割り当て要求に即した無線リソースを割り当てられない例を説明する。図 1 1 において、車両 5 A の位置は図 9 と同じである。また、車両 5 A に搭載された車両用通信装置 2 1 が送信するリソース割り当て要求も、図 9、図 1 0 を用いて説明したものと同じである。

【 0 0 7 1 】

一方、車両 5 B は、車両 5 A の後方を走行している点は図 9 と同じであるが、図 9 に示す位置よりも、車両 5 A の近くに位置している。車両 5 B に搭載された車両用通信装置 2 1 が送信するリソース割り当て要求は、車両 5 B の位置が異なることに起因する内容以外は、図 9、図 1 0 を用いて説明した例と同じである。

10

【 0 0 7 2 】

そのため、図 1 2 において、車両 5 B に搭載された車両用通信装置 2 1 に対して割り当てるべき時間別のリソース量を示す実線は、形状は図 1 0 に示す実線と同じであるが、位置が図 1 0 よりも全体的に早い時刻になっている。具体的には、図 1 2 において、実線は時刻 t_{12} よりも早い時刻である時刻 t_{11} から始まり、時刻 t_{17} よりも早い時刻である時刻 t_{16} で終わる。

【 0 0 7 3 】

この図 1 2 において、合計リソース量が最大になる時刻は時刻 t_{14} である。時刻 t_{14} における合計リソース量を両矢印で示している。時刻 t_{14} における合計リソース量は最大許容リソース量よりも多い。つまり、図 1 2 の例では、合計リソース量が最大許容リソース量を超える時刻がある。この時刻 t_{14} など、合計リソース量が最大許容リソース量を超える時刻では、リソース割り当て要求に即した無線リソースを割り当てることができない。

20

【 0 0 7 4 】

説明を図 5 に戻す。S 2 3 の判断が Y E S であれば S 2 4 へ進む。S 2 4 では、要求通りに無線リソースおよび場所リソースを割り当てることができたこと、および、割り当てた無線リソースおよび場所リソースを示す割り当て結果を生成する。

【 0 0 7 5 】

S 2 3 の判断が N O であれば S 2 5 へ進む。S 2 5 は場所リソースおよび無線リソースのいずれかが割り当てできないと判断した場合に実行することになる。S 2 5 では、リソース割り当て要求で要求されている内容を変更する提案が可能かどうかを判断する。この判断は、具体的には、走行計画を変更することで、場所リソースおよび無線リソースを割り当て可能かどうかを判断するものである。走行計画の変更は、予定走行経路の変更および予定走行経路上の各位置を通過する予定時刻の変更の一方または両方である。S 2 5 の判断が Y E S であれば S 2 6 へ進む。

30

【 0 0 7 6 】

S 2 6 では、走行計画の変更を提案することを示す割り当て結果を生成する。S 2 5 の判断が N O である場合には S 2 7 へ進む。S 2 7 では、場所リソースおよび無線リソースの割り当てができなかったことを示す割り当て結果を生成する。

40

【 0 0 7 7 】

S 2 8 では、S 2 4、S 2 6、S 2 7 のいずれかで生成した割り当て結果を、基地局 3 を介して、リソース割り当て要求を送信した車両用通信装置 2 1 へ送信する。

【 0 0 7 8 】

[第 1 実施形態のまとめ]

以上、説明した第 1 実施形態では、管理サーバ 4 は、車両用通信装置 2 1 に対して、時刻別の無線リソースを割り当てているだけでなく、時刻別の場所リソースも割り当てている。場所リソースも割り当てていることから、無線リソースは割り当てられたが、無線リソースを割り当てられた時刻に無線リソースを使用できる場所に位置することができず、割り当てられた無線リソースを使用できないことが抑制される。

50

【0079】

また、第1実施形態では、位置により変化する通信効率および各時刻における車両用通信装置21の位置から、各時刻において、リソース割り当て要求が要求している通信速度での通信を可能とするために必要なリソース量を算出している。このリソース量と、各時刻において割り当て済みのリソース量とを合計した合計リソース量と最大許容リソース量とを時刻別に比較して、割り当ての可否を判断している。よって、位置により通信効率が異なっているとしても、車両用通信装置21に適切に無線リソースを割り当てることができる。

【0080】

また、最大許容リソース量は、基地局3に対して割り当てられているリソース総量に係数Nを乗じた値であり、係数Nに1よりも大きい数値を設定可能としている。係数Nに1よりも大きい数値を設定することで、無線リソースを有効活用できる。

10

【0081】

<第2実施形態>

次に、第2実施形態を説明する。この第2実施形態以下の説明において、それまでに使用した符号と同一番号の符号を有する要素は、特に言及する場合を除き、それ以前の実施形態における同一符号の要素と同一である。また、構成の一部のみを説明している場合、構成の他の部分については先に説明した実施形態を適用できる。

【0082】

[システムの概要]

図13に第2実施形態となる車両用通信システム1Aの構成を示す。車両用通信システム1Aは、車載システム2、基地局3、管理サーバ4A、走行計画リスト10、電波マップ11を備えている。

20

【0083】

車載システム2のハードウェア構成は第1実施形態と同じである。また、車載システム2が備える車両用通信装置21が実行する処理も、第1実施形態とほぼ同じである。ただし、第2実施形態では、車両用通信装置21は、リソース割り当て要求を計画サーバ9Aに送信する。第2実施形態におけるリソース割り当て要求には、装置ID、起点 P_S 、終点 P_G 、必要な通信速度が含まれており、起点 P_S から終点 P_G まで走行する走行計画の割り当てと、起点 P_S から終点 P_G までの無線リソースの割り当てを要求する信号である。起点 P_S から終点 P_G まで走行する走行計画の割り当ては、場所リソースの割り当てに相当する。起点 P_S は、通常、現在位置であるが、将来通過する予定の位置でもよい。終点 P_G は、今回のリソース割り当て要求において、基地局3との通信を要求している区間の終点である。

30

【0084】

管理サーバ4Aは、リソース管理サーバ8Aと計画サーバ9Aを備える。リソース管理サーバ8Aは、複数の基地局3の無線リソースを管理するサーバである。リソース管理サーバ8Aのハードウェア構成は第1実施形態の管理サーバ4と同じであり、図3に示したように、サーバ側通信部41とサーバ側通信制御部42を備える。

【0085】

計画サーバ9Aは、基地局3を含む通信回線網を介して車両用通信装置21およびリソース管理サーバ8Aと通信可能になっている。また、計画サーバ9Aは走行計画リスト10と電波マップ11を参照可能になっている。これら走行計画リスト10と電波マップ11は、書き込み可能な記憶装置に記憶されている。

40

【0086】

計画サーバ9Aは、車両用通信装置21からリソース割り当て要求を取得すると、そのリソース割り当て要求に基づいて走行計画を決定し、その走行計画に従って移動する場合の無線リソースの割り当てをリソース管理サーバ8Aに依頼する。無線リソースの割り当てを行うので、リソース管理サーバ8Aは無線リソース割り当て部である。また、走行計画は場所リソースの割り当てに相当しており、計画サーバ9Aは場所リソース割り当て部である。計画サーバ9Aが実行する処理は、図14に示すフローチャートを用いて後に詳

50

述する。

【 0 0 8 7 】

計画サーバ 9 A は、複数の車両 5 の走行計画を管理するサーバであり、走行計画リスト 1 0 は、複数の車両 5 の走行計画が含まれたリストである。走行計画は、車両 5 が走行する予定の経路と、その経路上の各場所を通過する予定時刻とが含まれる。電波マップ 1 1 は、基地局 3 から届く電波の信号強度を場所別に示したマップであり、基地局 3 ごとにマップが存在する。電波マップ 1 1 は、計測車を走行させること等により、予め計測して作成されている。信号強度は通信効率に関係しており、電波マップ 1 1 は無線リソースマップである。

【 0 0 8 8 】

10

図 1 4 に、計画サーバ 9 A が実行する処理を示している。計画サーバ 9 A は、図 1 4 に示す処理を周期的に実行する。S 3 1 では、リソース割り当て要求を受信したか否かを判断する。S 3 1 の判断が N O であれば図 1 4 に示す処理を終了し、Y E S であれば S 3 2 へ進む。

【 0 0 8 9 】

S 3 2 では、リソース割り当て要求に含まれている必要通信速度を確保できるように、リソース割り当て要求を送信した車両 5 の走行計画を導出する。S 3 2 では、詳しくは図 1 5 に示す処理を実行する。

【 0 0 9 0 】

図 1 5 において、S 3 2 0 1 では、リソース割り当て要求に含まれている起点 P_s から終点 P_g までの間と、その周辺を基地局エリア 7 としている基地局群の電波マップ 1 1 を取得する。図 1 3 に示した例では、基地局 3 A、3 B、3 C、3 D の電波マップ 1 1 を取得する。

20

【 0 0 9 1 】

S 3 2 0 2 では、S 3 2 0 1 で取得した電波マップ 1 1 に対応する基地局エリア 7 を走行する予定の車両 5 の走行計画を、走行計画リスト 1 0 から取得する。図 1 6 に、走行計画リスト 1 0 から取得した走行計画の例を概念的に示している。図 1 6 において、車両 5 B、5 C、5 D、5 E から延びる矢印線が、車両 5 B、5 C、5 D、5 E の走行計画である。

【 0 0 9 2 】

30

S 3 2 0 3 では、起点 P_s から終点 P_g へ到達できる経路を探索する。図 1 6 には、S 3 2 0 3 で探索した 3 つの経路 R 1、R 2、R 3 も示している。S 3 2 0 4 では、仮走行計画を導出する。仮走行計画は、S 3 2 0 3 で探索した経路 R を、制限速度など、経路 R を走行する場合に想定される車速で走行するとして導出する。ただし、車速だけでなく、他の車両 5 との車間距離を安全距離だけ確保できる計画であることも条件となる。これは場所リソースを確保できる走行計画を導出していることを意味する。安全距離は一定距離でもよいし、車速に応じて変化する距離でもよい。他の車両 5 は、S 3 2 0 2 で走行計画を取得した車両 5 である。仮走行計画は、S 3 2 0 3 で探索した経路すべてに対して導出する。

【 0 0 9 3 】

40

S 3 2 0 5 では、仮走行計画で移動した場合に、必要無線リソースを予約できるか否かを推定する。必要無線リソースは、必要通信速度を得るために必要な無線リソースである。図 1 6 には、車両 5 A が起点 P_s にいる時刻 t_0 からある時間後の時刻 t_1 における車両 5 A、5 C、5 D、5 E の場所を破線で示している。なお、図 1 6 において、時刻 t_1 における車両 5 A の場所は、経路 R 2 を走行した場合である。また、時刻 t_1 における車両 5 C、5 D、5 E の場所は、S 3 2 0 2 で取得した走行計画から決定する。

【 0 0 9 4 】

図 1 6 に示す例では、時刻 t_1 において、基地局エリア 7 C に車両 5 が集中しており、無線リソースが不足する恐れがあると推定できる。このように、S 3 2 0 5 の判断は、時刻ごとに、各基地局エリア 7 に存在する車両 5 の数から推定する。また、図 1 6 に示すよ

50

うに、経路 R 3 には、どの基地局エリア 7 にも含まれない区間がある。したがって、この区間を走行する際の無線リソースは予約することができない。以上より、図 1 6 の例では、必要無線リソースを予約できると推定できる経路は経路 R 1 のみである。

【 0 0 9 5 】

S 3 2 0 6 では、S 3 2 0 5 で必要無線リソースを予約できると推定した経路に対して、基地局別かつ場所別の予約リソース量を算出する。予約リソース量は、予約を要求する無線リソース量であり、その値は必要無線リソースと同じである。つまり、予約リソース量は必要リソース量である。予約リソース量は、走行経路と、電波マップ 1 1 と、必要通信速度に基づいて算出する。走行経路は、S 3 2 0 5 で必要無線リソースを予約できると推定した経路である。図 1 6 に示す経路 R 1 では、基地局 3 A、3 B、3 D と通信することになる。よって、これらの基地局 3 A、3 B、3 D についての電波マップ 1 1 において、経路 R 1 が通る部分を用いる。図 1 7 の上段に、基地局 3 A、3 B、3 D の電波マップ 1 1 において経路 R 1 が通る部分を抽出した図を示している。図 1 7 に示す電波マップ 1 1 の縦軸は信号強度である。

10

【 0 0 9 6 】

予約リソース量は、必要通信速度に通信効率を乗じることで算出できる。そして、信号強度が強いほど高いほど通信効率が高い。したがって、電波マップ 1 1 から定まる信号強度に所定の換算係数を乗じて通信効率を決定することができる。また、信号強度に加えて、場所別の干渉雑音強度、再現性統計に基づくマージンなどを考慮して通信効率を決定してもよい。

20

【 0 0 9 7 】

基地局エリア 7 の端は、基地局 3 から遠いために信号強度が低下することに加えて、別の基地局 3 の基地局エリア 7 にもなっており、別の基地局 3 が送信する電波による干渉がある場合が多い。これらのことから、複数の基地局エリア 7 が重なる領域では、同じ必要通信速度を確保するためには多くの無線リソース量が必要になる。

【 0 0 9 8 】

図 1 7 の下段には、予約リソース量を算出した結果を示している。図 1 7 の下段は、必要通信速度が走行計画中、一定である場合の予約リソース量である。予約リソース量は一定であっても、上述した理由により、基地局エリア 7 A、7 B が重なる場所 P 3 ~ P 4、基地局エリア 7 B、7 D が重なる場所 P 6 ~ P 7 では必要なリソース量が多くなっている。一方、場所 P 5、P 8 など、他の基地局エリア 7 と重なっていない場所であり、かつ、信号強度が強い場所では、必要なリソース量が少なくなっている。

30

【 0 0 9 9 】

S 3 2 0 7 では、S 3 2 0 6 で予約リソース量を算出した走行計画に対する評価値を算出する。評価値は、予め設定された評価関数を用いて算出する。評価関数は、移動距離と無線リソースの利用率の最大値の関数である。評価値は、移動に関する容易性と、通信に関する有利性を 1 つの値で評価したものである。評価関数は、たとえば、移動距離が短いほど評価値が高い値になる関数である。一般に、同じ場所に到達できるなら距離が短いほうがよいからである。ただし、移動距離に代えて、移動時間を評価関数の入力パラメータとしてもよい。

40

【 0 1 0 0 】

また、評価関数は、無線リソースの利用率の最大値が低いほど評価値が高い値になる関数である。なお、無線リソースの利用率は、基地局 3 が割り当てることができるリソース量の最大値に対する、予約リソース量の比率である。ここでの無線リソースの利用率は、S 3 2 0 6 で予約リソース量を算出した走行計画だけでなく、S 3 2 0 2 で取得した他の車両 5 の走行計画も含む。無線リソースの割り当て可否を決定するためには、無線リソースの割り当てを要求しようとしている車両 5 だけでなく、すでに割り当て済みの無線リソースを考慮する必要があるからである。

【 0 1 0 1 】

S 3 2 0 8 では、評価値を算出した走行計画に対して、車両 5 の速度を調整することで

50

無線リソースの利用率が改善可能か否かを判断する。そして、走行計画が改善可能であれば、改善した走行計画に対して評価値を算出する。

【 0 1 0 2 】

図 1 8 を用い、S 3 2 0 8 で実行する処理を具体的に説明する。図 1 8 において、中央にある時刻と経路上の場所とを 2 軸とするグラフは、仮走行計画にしたがって移動した場合、および、改善した走行計画にしたがって移動した場合、それぞれについて、時刻に対する経路上の場所の変化を示している。また、中央のグラフの下側に配置されているグラフは、中央のグラフと横軸を共通にしている。一方、中央のグラフの左側に配置されている 2 つのグラフは、中央のグラフの縦軸と同じ経路上の場所軸を持つ。中央のグラフの左側に配置されている 2 つのグラフは、図 1 7 に示したグラフと同じである。

10

【 0 1 0 3 】

中央のグラフの下側にある 2 つのグラフのうちの上側は、車両 5 A に対して、S 3 2 0 6 で算出した予約リソース量である。なお、車両 5 A は今回の処理において無線リソースを割り当てようとしている車両 5 である。このグラフにおいて点線は仮走行計画に対して決定した予約リソース量である。仮走行計画に対して決定した予約リソース量は、時刻 t_{21} から t_{22} の間に、基地局 3 B に対して予約するリソース量にピークがある。そして、予約済みのリソース量についても、時刻 t_{21} から t_{22} の間は、基地局 3 B に対して予約済みのリソース量が多くなっている。したがって、時刻 t_{21} から t_{22} の間は、リソースの利用率が高くなっている。これに起因して評価値は低い値になる。

【 0 1 0 4 】

20

このように、予約済みリソース量と予約予定のリソース量がともに高い値となる時間帯がある可能性もある。この場合に、今回、無線リソースを予約しようとしている車両 5 の速度を変化させれば、予約済みのリソース量のピークと、予約しようとしているリソース量のピークの重なりを少なくすることができる。

【 0 1 0 5 】

図 1 8 の例では、経路上の場所が P 1 0 に到達する時刻を、仮走行計画では時刻 t_{21} であったものを、改善走行計画では t_{22} になるように、場所 P 1 0 に到達するまでの速度を遅くしている。場所 P 1 0 に到達後は、仮走行計画と改善走行計画の速度は同じである。改善走行計画は変更計画の一例である。

【 0 1 0 6 】

30

時刻 t_{22} では、予約済みのリソース量は、ピークよりも低下している。したがって、場所 P 1 0 に到達する時刻を t_{22} とすることで、無線リソースの利用率を下げるができる。この点では、評価値が高くなる。ただし、場所 P 1 0 までの移動速度は低下させているので、移動に関する観点では、評価値が低くなる。改善前の走行計画と改善走行計画のどちらがよいかを評価するために、改善走行計画の評価値を算出する。

【 0 1 0 7 】

S 3 2 0 6 で、複数の仮走行計画に対して必要無線リソースを予約できると推定した場合には、改善走行計画が複数得られることもある。S 3 2 0 9 では、評価値が最も高い走行計画を決定する。

【 0 1 0 8 】

40

説明を図 1 4 に戻す。S 3 3 では、無線リソース予約依頼をリソース管理サーバ 8 A に送信する。この無線リソース予約依頼は、S 3 2 を実行して評価値が最高となった走行計画に対して決定した予約リソース量を含んでいる。予約リソース量は、図 1 8 に示したように、基地局別かつ時刻別のリソース量で表されるが、時刻と車両 5 の場所とは一対一に対応しているので、基地局別かつ車両 5 の場所別のリソース量で表されていてもよい。リソース管理サーバ 8 A は、無線リソース予約依頼を受信すると、後述する図 1 9 に示す処理を実行して、無線リソース予約依頼に示されているリソース量を予約できるか否かを判断し、判断結果を示すリソース予約成否情報を計画サーバ 9 A に送信する。

【 0 1 0 9 】

計画サーバ 9 A は、図 1 4 に示す S 3 4 で、このリソース予約成否情報を受信する。S

50

35では、割り当て結果を作成する。割り当て結果には、無線リソースの割り当て結果と、場所リソースの割り当て結果である走行計画とが含まれている。無線リソースの割り当て結果には、無線リソースの予約ができた場合には、リソース割り当て要求を送信した車両5に対して割り当てられた無線リソースを示す情報が含まれている。一方、無線リソースの予約ができなかった場合には、予約結果には、そのことを示す情報が含まれている。S36では、S35で作成した割り当て結果を、リソース割り当て要求を送信した車両5に送信する。

【0110】

S37では、割り当て結果が、無線リソースの予約ができたという結果であった場合に、走行計画リスト10に、今回の走行計画と、予約ができた無線リソース量とを追加する。

10

【0111】

図19には、リソース管理サーバ8Aのサーバ側通信制御部42が実行する処理を示している。サーバ側通信制御部42は、計画サーバ9Aから無線リソース予約依頼を受信すると、図19に示す処理を開始する。

【0112】

S41では、無線リソース予約依頼において示されている予約リソース量を割り当てることができるか否かを判断する。この判断は、第1実施形態のS23においてリソース量を算出した後の処理と同じである。第1実施形態のS23では、リソース割り当て要求が要求している通信速度から必要なリソース量を算出していたが、第2実施形態では、予約リソース量が無線リソース予約依頼に含まれているので、S41においてリソース量を算出する必要はない。

20

【0113】

なお、S41の処理において、無線リソースが割り当て可能か否かの判断を直接的にはリソース管理サーバ8Aが行わずに、この判断を基地局3に指示してもよい。この場合には、リソース割り当て要求において無線リソースの割り当てが要求されている各基地局3に、リソース割り当て要求に示されている無線リソースを予約することを指示することになる。この指示を受信した基地局3は、指示された無線リソースを予約できるか否かを判断する。そして、予約成否を示す情報をリソース管理サーバ8Aへ送信する。

【0114】

30

S42では、S41で判断した結果を示すリソース予約成否情報を生成する。S43では、S42で生成したリソース予約成否情報を計画サーバ9Aへ送信する。このS43が実行されると、計画サーバ9Aは、図14のS34以下を実行することになる。

【0115】

〔第2実施形態のまとめ〕

この第2実施形態の車両用通信システム1Aは、車両5の走行計画を決定する計画サーバ9Aを備えている。計画サーバ9Aは、他の車両5に対して決定済みの走行計画を参照できるので、他の車両5との車間距離を一定距離だけ確保できる安全性の高い走行計画を決定することができる。

【0116】

40

<第3実施形態>

第3実施形態の車両用通信システム1Bは、ハードウェア構成は第2実施形態の車両用通信システム1Aと同じである。第2実施形態では、計画サーバ9Aが、電波マップ11を参照して、予約リソース量を決定していたのに対して、第3実施形態では、リソース管理サーバ8Aが電波マップ11を参照して予約リソース量を決定する。

【0117】

図20は、第3実施形態において計画サーバ9Aが実行する処理の一部を示している。図20において省略している部分は図14と同じである。図20のS31の判断がYESになった場合にはS32Aに進む。

【0118】

50

S 3 2 Aでは、リソース割り当て要求に含まれている起点 P_S から終点 P_G まで、車間距離を安全距離だけ確保できる走行計画を導出する。安全距離は、第2実施形態と同じ意味である。

【0119】

図21にS 3 2 Aの詳細処理を示す。図21において、S 3 2 A 1では、起点 P_S から終点 P_G へ到達できる経路を探索する。S 3 2 A 2では、S 3 2 A 1で探索した経路の一部または全部を走行経路としている走行計画を、走行計画リスト10から抽出する。S 3 2 A 3では、S 3 2 0 1で探索した経路を、S 3 2 A 2で取得した走行計画で走行する他の車両5と安全車間距離を確保して走行できる走行計画を導出する。

【0120】

このようにして走行計画を導出した後は、図20のS 3 3 Aを実行して、無線リソース予約依頼を、リソース管理サーバ8 Aに送信する。この無線リソース予約依頼には、S 3 2 Aで導出した走行計画が含まれている。つまり、無線リソース予約依頼には、起点 P_S から終点 P_G までの走行経路と、走行経路上の各場所を走行する時刻を特定できる情報が含まれている。また、無線リソース予約依頼には、リソース割り当て要求に含まれていた必要通信速度も含まれている。

【0121】

図22は、第3実施形態においてリソース管理サーバ8 Aが実行する処理を示している。第3実施形態では、第2実施形態で計画サーバ9 Aが実行していた処理をの一部をリソース管理サーバ8 Aが実行する。

【0122】

図22において、S 5 1では、無線リソース予約依頼に含まれている走行経路の起点 P_S から終点 P_G までの間と、その周辺を基地局エリア7としている基地局群の電波マップ11を取得する。S 5 2では、無線リソース予約依頼に含まれている走行経路に対して、基地局別かつ場所別の予約リソース量を算出する。予約リソース量は、走行経路と、電波マップ11と、必要通信速度に基づいて算出する。

【0123】

S 5 3、S 5 4、S 5 5は、図15のS 3 2 0 7、S 3 2 0 8、S 3 2 0 9と同じ処理である。S 5 3では、S 5 2で予約リソース量を算出した走行計画に対する評価値を算出する。S 5 4では、評価値を算出した走行計画に対して、車両5の速度を調整することで無線リソースの利用率が改善可能か否かを判断する。そして、走行計画が改善可能であれば、改善した走行計画に対して評価値を算出する。S 5 5では、評価値が最も高い走行計画を決定する。

【0124】

S 5 6では、評価値が最も高い走行計画で必要となる予約リソース量を割り当てることができるか否かを判断する。この判断は、第2実施形態のS 4 1と同じ方法で行う。S 5 7では、S 5 6で判断した結果を示す割り当て結果を生成する。S 5 7では、S 5 6で生成した割り当て結果とS 5 5で決定した走行計画とを、計画サーバ9 Aへ送信する。このS 5 8が実行されると、計画サーバ9 Aは、図20のS 3 4以下を実行することになる。

【0125】

< 第4実施形態 >

第4実施形態の車両用通信システムは、ハードウェア構成は第2実施形態の車両用通信システム1 Aと同じである。したがって、管理サーバ4 Aは、計画サーバ9 Aとリソース管理サーバ8 Aとを備えており、計画サーバ9 Aは電波マップ11を参照できる。

【0126】

図23は、第4実施形態において計画サーバ9 Aが実行する処理の一部を示している。図23において省略している部分は図14と同じである。図23のS 3 1の判断がYESになった場合にはS 3 2 Bに進む。

【0127】

S 3 2 Bでは、マージン付き走行計画を導出する。S 3 2 Bでは詳しくは図24に示す

10

20

30

40

50

処理を実行する。図 2 4 に示す処理では、まず、第 2 実施形態の図 1 5 に示す S 3 2 を実行して、必要通信速度を確保できる走行計画を導出する。

【 0 1 2 8 】

続く S 3 2 B 1 では、S 3 2 で導出した走行計画での時刻別の車両 5 の場所の変動範囲を推定する。図 2 5 を用いて S 3 2 B 1 の処理を説明する。図 2 5 において、t 3 1 は、S 3 2 で導出した走行計画通りに走行した場合に、場所 P 1 1 に到達する時刻である。

【 0 1 2 9 】

しかし、実際に走行した場合には、予定通りに走行できるとは限らない。交通状況等による移動速度の変動があり、また、予定通りの出発時刻にならない可能性もあるからである。時刻 t 3 0 は、変動要因を考慮した場合に、場所 P 1 1 に車両 5 が到達する最も早い時刻であり、時刻 t 3 2 は、変動要因を考慮した場合に、場所 P 1 1 に車両 5 が到達する最も遅い時刻である。

【 0 1 3 0 】

走行計画によりも早くなる時間長さ、走行計画よりも遅くなる時間長さは、起点 P_s からの距離に応じて増加する長さとする事ができる。また、走行計画と実際の走行時間との時間差の統計データが取得できる場合には、その統計データから、上記時間長さを決定してもよい。

【 0 1 3 1 】

図 2 5 における一点鎖線は、走行計画により示される走行経路上の各場所について、変動要因を考慮した場合に最も早く到達する時刻を示す。一方、図 2 5 における破線は、走行計画により示される走行経路上の各場所について、変動要因を考慮した場合に最も遅く到達する時刻を示す。

【 0 1 3 2 】

図 2 5 の時刻と経路上場所とのグラフの各時刻における一点鎖線と破線との間が、変動要因を考慮した場合の、走行計画での各時刻における車両 5 の場所の変動範囲である。S 3 2 B 2 では、各基地局 3 に対して予約する時刻ごとの予約リソース量を、以下のようにして決定する。図 2 5 の左側には、走行経路上を走行する場合の電波マップ 1 1、および、各場所で必要となるリソース量を表すグラフを示している。各場所で必要となるリソース量は、電波マップ 1 1 と必要通信速度から決定できる。

【 0 1 3 3 】

各場所で必要となるリソース量を表すグラフより、場所 P 1 1 では、リソース量 R S 1 が必要であることが分かる。このリソース量 R S 1 を、時刻 t 3 0 から時刻 t 3 2 の間、予約できれば、各時刻における車両 5 の場所が変動要因により変動しても、車両用通信装置 2 1 は、無線リソース不足により、必要な通信ができなくなってしまう可能性が低減する。

【 0 1 3 4 】

一方、予約リソース量を、時刻を基準にして考えれば、たとえば、時刻 t 3 0 では、車両 5 は、場所 P 1 2 と場所 P 1 1 の間にいると推定できる。場所 P 1 2 から場所 P 1 1 の間に車両 5 がいる場合、必要リソース量は、図 2 5 において、経路上の場所とリソース量との関係を示すグラフにおいて、場所 P 1 2 から場所 P 1 1 までの間でのリソース量の最大値である。

【 0 1 3 5 】

したがって、下記式 1、2 により、各基地局 3 に対して予約する時刻ごとの予約リソース量を決定することができる。

【 0 1 3 6 】

(式 1) $RS_r[X](t) = \text{Max}(RS_n[X](P))$

(式 2) $PU(t) = P - PL(t)$

式 1 において、X は、どの基地局 3 かを示し、RS_r は予約リソース量を意味する。よって、式 1 の左辺は、ある基地局 3 についての時刻 t での予約リソース量である。式 1 の右辺に示す RS_n は、必要リソース量、P は経路上の場所である。また、式 2 に示す PU

10

20

30

40

50

(t) は、時刻 t において経路上で最も終点 P_G に近い場所、 $PL(t)$ は時刻 t において経路上で最も起点 P_S に近い場所である。図 25 の例では、 $PU(t30)$ は場所 $P11$ であり、 $PL(t30)$ は場所 $P12$ である。

【0137】

図 24 の処理を終了したら図 23 の $S33$ に進む。 $S33$ では、無線リソース予約依頼をリソース管理サーバ 8A に送信する。この無線リソース予約依頼は、 $S32B$ を実行して決定した基地局別の時刻ごとの予約リソース量を含んでいる。

【0138】

[第4実施形態まとめ]

この第4実施形態では、変動要因を考慮して、時刻別の場所の変動範囲を示したマージン付き走行計画を導出する。そして、場所の変動範囲内で車両5の場所が変化しても、無線リソースが不足しないように予約リソース量を決定する。これにより、種々の事情で、ある時刻における車両5の場所が変動しても、割り当てられた無線リソースで必要な通信速度が得られなくなってしまうことが抑制される。

【0139】

<第5実施形態>

図 26 に、第5実施形態の車両用通信システム 1C の構成を示す。車両用通信システム 1C は、管理サーバ 4C が、これまでの実施形態の管理サーバ 4、4A とは相違する。管理サーバ 4C は、2つのリソース管理サーバ 8A、8B と、計画サーバ 9A とを備えている。

【0140】

リソース管理サーバ 8A は、基地局 3A、3B、3C、3D など、第1ネットワークに属する基地局を管理する。一方、リソース管理サーバ 8B は、基地局 3M、3N など、第2ネットワークに属する基地局を管理する。第1ネットワークと第2ネットワークは、使用する周波数が相互に異なる。基地局エリア 7B と基地局エリア 7M や、基地局エリア 7D と基地局エリア 7M など、第1ネットワークに属する基地局 3 の基地局エリア 7 と、第2ネットワークに属する基地局 3 の基地局エリア 7 には重複する部分がある。しかし、第1ネットワークと第2ネットワークは、使用する周波数が相互に異なるため、相互の電波干渉はない。第5実施形態では、車両用通信装置 21 は、第1ネットワークおよび第2ネットワークのいずれとも接続可能であるとする。

【0141】

第5実施形態において計画サーバ 9A は、図 27 に示す処理を実行する。図 27 に示す処理では、第2実施形態で示した図 15 と同じ $S3201$ から $S3205$ を実行する。 $S3201$ では、起点 P_S - 終点 P_G 間およびその周辺を基地局エリア 7 とする基地局群の電波マップ 11 を取得する。 $S3202$ では、 $S3201$ で取得した基地局群の無線リソースを予約している車両 5 の走行計画を取得する。 $S3203$ では、起点 P_S から終点 P_G までの経路を探索する。 $S3204$ では、場所リソースを確保できる仮走行計画を導出する。 $S3205$ では、仮走行計画での必要リソース予約可否を推定する。

【0142】

$S3205$ を実行した後の処理は第2実施形態と相違しており、図 27 では、 $S3205$ に続いて $S3210$ を実行する。 $S3210$ では、無線リソースの割り当てを要求するネットワークを、時刻別に決定する。

【0143】

本実施形態では、周波数リソースを有効活用するため、同じネットワークに属する基地局 3 は同じ周波数帯を使用しており、同じネットワークに属する基地局 3 の基地局エリア 7 が重なる領域では、ネットワーク内での干渉が生じる。そこで、1つのネットワーク内で干渉があって、他のネットワークでは干渉がない領域では、干渉がない側のネットワークのみを使うという条件を設ける。この条件を第1の条件とする。

【0144】

また、1つのネットワークでの通信効率が一定効率以上の領域では、一定効率以上のネ

10

20

30

40

50

ットワークのみを使うという条件を設ける。この条件を第2の条件とする。なお、当然、あるネットワークの通信圏外になっている領域では、そのネットワークに対して無線リソースの割り当ては要求しない。異なるネットワークに属する複数の基地局エリア7が重なっている重複領域では、第1の条件および第2の条件のいずれにも該当しないことが、複数のネットワークを使用する条件である。

【0145】

図28の上段のグラフには、起点 P_s から終点 P_g まで図26に示す経路R1で車両5Aが走行するときの経路R1上の場所に対する、各基地局3からの電波の信号強度を示している。このグラフにおいて、実線で第1ネットワークに属する基地局3A、3B、3Dの電波マップ11を示し、破線で第2ネットワークに属する基地局3M、3Nの電波マップ11を示している。

10

【0146】

図28の中段のグラフには、上記第1の条件、第2の条件により、無線リソースの割り当てを要求するネットワークを第1ネットワークに決定した時間帯において、各時刻で要求するリソース量を示している。図28の下段のグラフには、上記第1の条件、第2の条件により、無線リソースの割り当てを要求するネットワークを第2ネットワークに決定した時間帯において、各時刻で要求するリソース量を示している。

【0147】

図28の中段および下段のグラフでは、時刻 t_{41} までと時刻44から時刻45までは第1ネットワークのみ、時刻 t_{42} から時刻 t_{43} までは第2ネットワークのみを、無線リソースを要求するネットワークに決定している。それ以外の時間帯は、第1ネットワークと第2ネットワークの両方を、無線リソースを要求するネットワークに決定している。

20

【0148】

S3211では、S3210で決定したネットワークに属する各基地局3に対して、基地局別かつ場所別の予約リソース量を算出する。予約リソース量は、走行経路と、電波マップ11と、必要通信速度に基づいて算出する。走行経路は、本実施形態では、S3205で必要無線リソースを予約できると推定した仮走行計画とする。必要無線リソースを予約できると推定した仮走行計画が複数ある場合には、すべての仮走行計画に対してS3211を実行した後に、第2実施形態で説明した評価値に基づいて1つの走行計画を決定することができる。あるいは、必要無線リソースを予約できると推定した複数の仮走行計画から、走行距離あるいは走行時間に対する基準により、S3211を実行する走行計画を1つの走行計画に決定してもよい。

30

【0149】

S3210において、複数のネットワークに対して無線リソースの割り当てを決定することになっている場合、各基地局3に対して要求する無線リソース量は、同時刻に要求する無線リソース量の合計値が必要無線リソース量以上になるようにする。同時刻において複数の基地局3に対して無線リソースの割り当てを要求する場合、各基地局3に対して要求する無線リソース量は種々の方法で決定することができる。たとえば、各ネットワークに属する基地局3の無線リソースの利用率の合計値が最小となるように、各基地局3に対して要求する無線リソース量を決定することができる。また、通信効率に応じて、要求する無線リソース量を配分してもよい。

40

【0150】

複数の基地局3に対して要求する無線リソース量をどのように決定しても、1つの車両用通信装置21に対して、ある時刻に無線リソースを割り当てる基地局3を複数にすれば、1つの基地局3の無線リソースの使用率を低くすることができる。このS3211を実行することで、図28の中段および下段に示すグラフが得られる。

【0151】

[第5実施形態のまとめ]

この第5実施形態では、相互に干渉しない複数のネットワークを利用できる場合には、同じ時刻において無線リソースの割り当てを要求する基地局3を、複数のネットワークに

50

属する複数の基地局 3 としている。これにより、各基地局 3 の無線リソースの使用率を低くすることができる。

【 0 1 5 2 】

また、干渉がある領域で、干渉が生じている基地局 3 に対して無線リソースの割り当てを要求する場合には、同じ通信速度を得るために、干渉がない領域よりも多くの無線リソース量を必要とする。そこで、この第 5 実施形態では、1 つのネットワーク内で干渉があって、他のネットワークでは干渉がない領域では、干渉がない側のネットワークに属する基地局 3 にのみ、無線リソースの割り当てを要求する。これによっても、各基地局 3 の無線リソースの使用率を低くすることができる。

【 0 1 5 3 】

< 第 6 実施形態 >

図 2 9 に、第 6 実施形態の車両用通信システムが備える車載システム 1 0 2 の構成を示す。車載システム 1 0 2 は、車両用通信装置 1 2 1 が車車間通信部 2 1 5 を備えている点

【 0 1 5 4 】

が、これまでの実施形態で説明した車載システム 2 と相違する。

車車間通信部 2 1 5 は、他の車両 5 に搭載された車両用通信装置 1 2 1 が備える車車間通信部 2 1 5 との間で車車間通信を行う。車車間通信は、基地局 3 を介さない、車車間通信部 2 1 5 間での直接通信である。第 6 実施形態では、車両側通信制御部 2 1 2 は、車車間通信部 2 1 5 を制御することによる電波の送受信も行う。

【 0 1 5 5 】

第 6 実施形態の車両用通信システムは第 2 実施形態と同じ管理サーバ 4 A を備える。したがって、管理サーバ 4 A はリソース管理サーバ 8 A と計画サーバ 9 A を備える。第 6 実施形態でも、計画サーバ 9 A は図 1 4、図 1 5 に示す処理を実行する。

【 0 1 5 6 】

ただし、第 6 実施形態において、計画サーバ 9 A は、複数の車両 5 でそれぞれ用いられる複数の車両用通信装置 2 1 から、同時期にリソース割り当て要求を受信した場合には、それら複数の車両用通信装置 2 1 に対して、まとめて走行計画を導出することができる。まとめて走行計画を導出する理由は、経路の一部または全部を共通にするためである。経路の一部にいずれの基地局エリア 7 にも含まれない区間がある場合に、車両側通信部 2 1 1 と基地局 3 との間の通信を車車間通信により中継できる場合に、経路の一部または全部を共通にする。なお、同時期は、リソース割り当て要求を受信してからの経過時間が、予め設定した一定時間とすることができる。また、1 つのリソース割り当て要求に走行開始時刻が含まれており、その走行開始時刻になる前に、別のリソース割り当て要求を受信した場合、それら 2 つのリソース割り当て要求を、同時期に受信したリソース割り当て要求としてもよい。

【 0 1 5 7 】

図 3 0 を用いて、第 6 実施形態における計画サーバ 9 A の処理を具体的に説明する。図 3 0 に示す例では、車両 5 A に搭載された車載システム 1 0 2 A、車両 5 B に搭載された車載システム 1 0 2 B から、同時期にリソース割り当て要求が送信されたとする。また、そのリソース割り当て要求には、ともにほぼ同じ起点 P_s と終点 P_g が含まれていたとする。

【 0 1 5 8 】

このリソース割り当て要求を受信すると、図 1 4 の S 3 1 が Y E S になり S 3 2 へ進む。S 3 2 の詳細処理を示す図 1 5 に示す処理を実行することにより、S 3 2 0 3 において、図 3 0 に示す経路 R 4 を、2 つのリソース割り当て要求に対してそれぞれ探索する。

【 0 1 5 9 】

そして、続く S 3 2 0 4 では、仮走行計画を導出する。図 3 1 の上段に、仮走行計画において、通信を考慮しないで制限速度および車間距離などに基づいて決定した走行速度で経路 R 4 を走行した場合の経路 R 4 上の電波マップ 1 1 を示す。図 3 1 の下段には、上段の電波マップ 1 1 と、リソース割り当て要求に含まれている必要通信速度から定まる予約

10

20

30

40

50

リソース量を示している。

【 0 1 6 0 】

図 3 0 に示すように、経路 R 4 には、基地局エリア 7 A、7 C のいずれにも含まれない通信途絶区間がある。経路 R 4 上の通信途絶区間では、車両側通信部 2 1 1 は基地局 3 A、3 C と通信をすることができない。この通信途絶区間があるため、図 3 1 の上段グラフには信号強度がゼロとなっている区間があり、下段グラフには、予約リソース量がゼロとなっている区間がある。

【 0 1 6 1 】

場所 P 2 1 から P 2 2 までが通信途絶区間になっているが、P 2 1 - P 2 2 間は、車車間通信部 2 1 5 による通信可能距離よりも短い。そこで、一方の車両 5 が通信途絶区間を走行している間、他方の車両 5 は、通信途絶区間の近くの基地局エリア 7 内に位置して、車車間通信を行って車両側通信部 2 1 1 と基地局 3 との間の通信を中継できる仮走行計画を導出する。

10

【 0 1 6 2 】

図 3 2 の中央に示す、時刻軸と経路上の場所軸とを 2 軸とするグラフが、車車間通信により中継を行う仮走行計画である。図 3 2 の中央のグラフから、車両 5 A が先行し、車両 5 B が後に続く仮走行計画であることが分かる。

【 0 1 6 3 】

車両 5 A は、時刻 t_{51} から時刻 t_{52} まで通信途絶区間を走行している。この間、車両 5 B に対して導出された仮走行計画は経路上の場所に变化がない。基地局エリア 7 A に留まり、車載システム 1 0 2 A が備える車両側通信部 2 1 1 と基地局 3 A との間の通信を、車載システム 1 0 2 A、1 0 2 B が備える車車間通信部 2 1 5 により中継するためである。

20

【 0 1 6 4 】

車両 5 A が通信途絶区間を通過すると、車両 5 B も走行を開始する。そして、車両 5 B は、時刻 t_{53} から時刻 t_{54} まで通信途絶区間を走行している。この間、車両 5 A に対して導出された仮走行計画は経路上の場所に变化がない。基地局エリア 7 C において通信途絶区間の近くに留まり、車載システム 1 0 2 B が備える車両側通信部 2 1 1 と基地局 3 C との間の通信を、車載システム 1 0 2 A、1 0 2 B が備える車車間通信部 2 1 5 により中継するためである。

30

【 0 1 6 5 】

図 3 2 の中央のグラフに示す仮走行計画を導出したら、次に、計画サーバ 9 A は、S 3 2 0 5 へ進む。図 3 0 に示した例では、仮走行計画は 1 つのみであり、この仮走行計画で必要通信リソース予約可と推定したとする。

【 0 1 6 6 】

続く S 3 2 0 6 では、S 3 2 0 5 で必要無線リソースを予約できると推定した経路に対して、基地局別かつ場所別の予約リソース量を算出する。図 3 2 の左側には、図 3 1 に示した 2 つのグラフを示している。すでに説明したように、これらのグラフは、通信を考慮しないで決定している。したがって、場所 P 2 1 と場所 P 2 2 の間では予約リソース量がゼロになっている。

40

【 0 1 6 7 】

これに対して、図 3 2 の下側には、車車間通信による中継も考慮して車両 5 A に搭載された車両用通信装置 2 1 および車両 5 B に搭載された車両用通信装置 2 1 に対してそれぞれ決定する時刻ごとの予約リソース量である。

【 0 1 6 8 】

図 3 2 の下側に示す 2 つのグラフのうち下側のグラフは、時刻 t_{51} から時刻 t_{52} の間以外は、図 3 2 の左側に示す予約リソース量のグラフと同じである。このグラフにおいて、時刻 t_{51} から時刻 t_{52} の間は、図 3 2 の左側に示す予約リソース量のグラフの場所 P 2 0 におけるリソース量に対して、破線で示す車車間通信による中継を考慮したリソース量が追加されている。

50

【 0 1 6 9 】

図 3 2 の下側に示す 2 つのグラフのうち上側のグラフは、時刻 t_{53} から時刻 t_{54} の間以外は、図 3 2 の左側に示す予約リソース量のグラフと同じである。このグラフにおいて、時刻 t_{53} から時刻 t_{54} の間は、図 3 2 の左側に示す予約リソース量のグラフの場所 P 2 3 におけるリソース量に対して、破線で示す車車間通信による中継を考慮したリソース量が追加されている。これら図 3 2 の下側に示す 2 つのグラフの各時刻の合計リソース量が、時刻ごとの予約リソース量である。このようにして、S 3 2 0 6 で予約リソース量を決定した後、仮に、複数の仮走行計画があれば、S 3 2 0 7 以下を実行して、複数の仮走行計画から 1 つの走行計画を決定する。仮走行計画が 1 つのみであれば、その仮走行計画を走行計画とする。

10

【 0 1 7 0 】

[第 6 実施形態のまとめ]

この第 6 実施形態では、走行計画が示す走行経路内に通信途絶区間があっても、通信途絶区間に位置する車両用通信装置 2 1 と基地局 3 との間の通信を車車間通信により中継できる場合には通信途絶区間を走行する走行計画を導出することができる。よって、走行計画の自由度が拡大する。

【 0 1 7 1 】

< 第 7 実施形態 >

第 7 実施形態の車両用通信システムは、ハードウェア構成は第 2 実施形態の車両用通信システム 1 A と同じである。したがって、管理サーバ 4 A は、計画サーバ 9 A とリソース管理サーバ 8 A とを備えており、計画サーバ 9 A は電波マップ 1 1 を参照できる。

20

【 0 1 7 2 】

第 7 実施形態では、車両用通信装置 2 1 が送信するリソース割り当て要求に、無線リソースの割り当てを要求する区間の起点 P_s と終点 P_g に加えて、移動とは別の用途のための通信である他用途通信を行う時間帯、必要通信速度が含まれている。なお、他用途通信は、テレビ会議のための通信であるとする。

【 0 1 7 3 】

図 3 3 は、第 7 実施形態において計画サーバ 9 A が実行する処理の一部を示している。図 3 3 において省略している部分は図 1 4 と同じである。図 3 3 の S 3 1 の判断が YES になった場合には S 3 2 B に進む。

30

【 0 1 7 4 】

S 3 2 B では、マージン付き走行計画を導出する。マージン付き走行計画の導出処理は第 4 実施形態で説明した通りであり、マージン付き走行計画では、図 2 5 に示すように、ある時刻において、到達する可能性がある場所の変動範囲が得られる。たとえば、図 2 5 において、時刻 t_{30} では、場所の変動範囲は、場所 P 1 1 から場所 P 1 2 までである。

【 0 1 7 5 】

なお、第 4 実施形態では、種々の変動要因を考慮して、マージン付き走行計画を導出していたが、第 7 実施形態では、変動要因に代えて、調整可能な走行速度範囲を考慮して、マージン付き走行計画を導出する。調整可能な走行速度範囲は、各道路における交通流を乱さない速度範囲である。たとえば、走行速度範囲の上限は各道路の制限速度、下限は制限速度から一定値を減算した値とする。

40

【 0 1 7 6 】

S 3 2 C では、S 3 2 B で導出したマージン付き走行計画において、リソース割当要求に含まれている他用途通信を行う時間帯の開始時刻（以下、他用途通信開始時刻）に存在可能な場所の変動範囲において、最も通信効率がよい場所を滞在場所に決定する。

【 0 1 7 7 】

S 3 2 D では、S 3 2 C で決定した滞在場所に、リソース割当要求に含まれている他用途通信を行う時間帯の間、滞在する走行計画を決定する。この走行計画が、他用途通信を行わない場合よりも走行速度を低下させた計画である場合、走行速度を低下させない走行計画において他用途通信開始時刻に車両 5 が存在する場所よりも通信効率がよい場所に、

50

他用途通信を行う時間帯の間滞在することになる。

【 0 1 7 8 】

S 3 3 では、無線リソース予約依頼をリソース管理サーバ 8 A に送信する。この無線リソース予約依頼は、S 3 2 D で決定した走行計画に対して決定した予約リソース量を含んでいる。

【 0 1 7 9 】

図 3 4、図 3 5 を用いて、第 7 実施形態における予約リソース量の決定方法を説明する。図 3 4 は、車両 5 A に搭載された車載システム 2 が、リソース割り当て要求を送信した状態を示しており、起点 P_s 、終点 P_g は図に示す通りである。したがって、このリソース割り当て要求に対して、無線リソースを割り当てる基地局 3 は基地局 3 A、3 B になる。

10

【 0 1 8 0 】

図 3 5 において、時刻 t_{61} は他用途通信開始時刻であり、時刻 t_{62} は他用途通信の終了時刻である。図 3 5 の中央に示すグラフは、S 3 2 D で決定した走行計画に従って車両 5 A が走行した場合の時刻に対する経路上の場所の変化を示すグラフである。左側に示す 2 つのグラフは、中央のグラフと同じ経路上の場所軸を持ち、その軸に交差する軸はリソース量軸である。左側に示す 2 つのグラフのうち、中央のグラフに近い側のグラフは、経路上の各場所において、移動のための通信である自動運転をするために行う通信に必要なリソース量である。左側に示す 2 つのグラフのうち、中央のグラフから遠い側のグラフは、経路上の各場所において、仮にテレビ会議をするとした場合に通信に必要なリソース量である。これらのリソース量は、それぞれの通信に必要な通信速度と、電波マップ 1 1 とから決定している。

20

【 0 1 8 1 】

場所 P_{31} は、S 3 2 C で決定した滞在場所である。場所 P_{31} では、必要リソース量が最も少なくなっている。他用途通信開始時刻に存在可能な場所の変動範囲において最も通信効率がよい場所だからである。S 3 2 D で決定した走行計画は、場所 P_{31} で時刻 t_{61} から時刻 t_{62} まで滞在する計画である。

【 0 1 8 2 】

図 3 5 において、中央のグラフの下側に示す 2 つのグラフは、横軸が中央のグラフと同じ時間軸、縦軸がリソース量を示している。上側のグラフは、各時刻において自動運転をするために行う通信に必要なリソース量を示している。下側のグラフは、各時刻においてテレビ会議のために必要なリソース量を示している。これら 2 つのグラフにおけるリソース量を、各時刻において合計したリソース量が、S 3 3 で送信する無線リソース予約依頼に含まれる予約リソース量になる。

30

【 0 1 8 3 】

[第 7 実施形態のまとめ]

この第 7 実施形態では、リソース割り当て要求に、他用途通信を行う時間帯が含まれている場合、他用途通信を、通信効率がよい場所で滞在して行う走行計画を決定する。これにより、相対的に通信効率の悪い場所で他用途通信をする場合よりも、無線リソースを有効に活用することができる。

40

【 0 1 8 4 】

< 第 8 実施形態 >

第 8 実施形態の車両用通信システムも、ハードウェア構成は第 2 実施形態の車両用通信システム 1 A と同じであり、管理サーバ 4 A は、計画サーバ 9 A とリソース管理サーバ 8 A とを備え、計画サーバ 9 A は電波マップ 1 1 を参照できる。

【 0 1 8 5 】

第 8 実施形態では、図 3 6 に示す雨天領域 R_r や区画線かすれ領域 R_p を考慮する。雨天領域 R_r は、一定量以上の雨が降っている領域である。区画線かすれ領域 R_p は、道路に表された区画線にかすれがある領域である。これらの領域では、自動運転において、車両 5 に備えられている周辺監視センサにより得られる情報量が低下する。その結果、車両

50

5 は、周辺監視センサにより得られる情報量の低下を補うために、自動運転に際し、無線通信により取得する情報量が多くなる可能性がある。

【0186】

計画サーバ9Aは、雨天領域R_rや区画線かすれ領域R_pなど、周辺監視センサにより得られる情報量が低下する領域がどこであることを、外部のコンピュータとの通信などにより取得することができる。そして、取得した情報をもとに、リスク係数を決定する。リスク係数は、周辺監視センサにより得られる情報量が低下しない場合を基準として、上記領域において通信量が増加する比率を示した係数である。雨量が増加するほど、また、区画線のかすれの程度が大きいほど、この係数は大きい値になる。

【0187】

10

図37は、第8実施形態において計画サーバ9Aが実行する処理の一部を示している。図37において省略している部分は図15と同じである。図37に示す処理は、図15に対して、S3206A、3206Bが追加されている。図37に示す処理は、図14のS32において実行する。

【0188】

図37において、S3206Aでは、リスク係数を決定する。リスク係数は、経路上の場所ごとに決定する。周辺監視センサにより得られる情報量が低下する程度が大きくなる可能性が高い場所ほど、リスク係数を大きくする。

【0189】

図38の上段のグラフはS3206で算出した予約リソース量を概念的に示すフラグであり、下段のグラフはS3206Aで決定したリスク係数を概念的に示すグラフである。リスク係数のグラフは、区画線かすれ領域R_pおよび雨天領域R_rにおいて1よりも大きい値になっている。

20

【0190】

S3208Bでは、S3206で算出した予約リソース量をS3206Aで決定したリスク係数で補正する。具体的には、場所別に、S3206で算出した予約リソース量と、S3206Aで決定したリスク係数を積算する。以降の処理は、補正後の予約リソース量を用いる。補正後の予約リソース量は、周辺監視センサにより得られる情報量が低下する程度が大きくなる可能性を考慮して決定した予約リソース量である。

【0191】

30

[第8実施形態のまとめ]

この第8実施形態では、周辺監視センサにより得られる情報量が低下する程度が大きくなる可能性を考慮して予約リソース量を決定している。したがって、車両用通信装置21が取得する必要がある情報量が多くなっても、無線リソースが不足してしまう可能性を低減できる。

【0192】

以上、実施形態を説明したが、開示した技術は上述の実施形態に限定されるものではなく、次の変形例も開示した範囲に含まれ、さらに、下記以外にも要旨を逸脱しない範囲内で種々変更して実施できる。

【0193】

40

<変形例1>

サーバ側通信制御部42は、最大許容リソース量を算出するために用いる係数Nの値を、時刻および場所の少なくとも一方に基づいて変更してもよい。係数Nの値を大きくするほど、無線リソースを有効活用することができる一方で、係数Nの値を大きくするほど輻輳が生じる可能性は高くなる。輻輳を抑制するためには、車両用通信装置21が、割り当てられた無線リソースを使用する比率が高いほど、係数Nを小さくすればよい。

【0194】

車両用通信装置21が、割り当てられた無線リソースを使用する比率は、時刻および場所により変化する可能性がある。たとえば、自動運転においては、夜間は、カメラで得られる情報の精度が低下することから、無線通信で得られる情報を用いる必要性が高まると

50

した場合、夜間は昼間よりも割り当てられた無線リソースを使用する比率が高くなると想定される。このような想定ができる場合には、夜間は昼間よりも係数Nを小さくすることが好ましい。

【0195】

また、事故発生頻度が相対的に高い区間では、より多くの情報を利用して走行すべきであることから、事故発生頻度が相対的に高い区間では、割り当てられた無線リソースを使用する比率が高くなると想定される。このような想定ができる場合には、事故発生頻度が相対的に高い予め設定された区間では、事故発生頻度が相対的に低い区間よりも係数Nを小さくすることが好ましい。事故発生頻度が相対的に高い区間は、たとえば、交差点およびその付近の区間、合流地点の付近の区間などであり、事故発生頻度が相対的に低い区間は、たとえば道路の直線区間である。

10

【0196】

<変形例2>

実施形態では、リソース割り当て要求に走行計画を含ませていた。しかし、車両5の将来の位置が推定できる、走行計画とは別の情報をリソース割り当て要求に含ませてもよい。たとえば、車両5の現在の位置、進行方向、速度を走行計画に代えてリソース割り当て要求に含ませてもよい。

【0197】

<変形例3>

車両用通信装置21は、基地局3と通信を行うことに代えて、あるいは、基地局3と通信を行うに加えて、車車間通信あるいは路車間通信を行ってもよい。

20

【0198】

<変形例4>

管理サーバ4が、基地局3別にあってもよい。また、基地局3が管理サーバ4の機能を備えていてもよい。

【0199】

<変形例5>

実施形態では、時刻別に無線リソースを予約しており、時刻の他に、基地局別に無線リソースを予約する例を説明した。つまり、実施形態では、無線リソースを、時刻と基地局とにより区別した例を説明した。しかし、無線リソースを時刻と基地局以外のパラメータで区別してもよい。無線リソースを区別するパラメータとしては、時刻と基地局以外に、周波数領域、CDMA符号、MIMOプリコーディング設定などがある。

30

【0200】

周波数領域で無線リソースを区別できる場合、無線リソースの割り当て要求で、複数の周波数領域のうちのいずれの周波数領域の無線リソースを要求するかを指定してもよい。図39に、周波数領域別の通信効率を示す。図39には、faからfhまでの8つの周波数領域が示されている。これら8つの周波数領域から任意に選択して1つまたは複数の周波数領域の無線リソースの割り当てを要求するようにしてもよい。図39に示す例では、周波数領域feは他の周波数領域よりも広い。周波数領域feは通信効率が悪いいため、同じ通信速度を得るために広い周波数領域が必要だからである。一方、周波数領域fa、fbは通信効率が高いので、同じ通信速度を得るためでも、狭い周波数領域でよい。なお、リソース管理サーバ8Aが、複数の周波数領域から、割り当てる1つまたは複数の周波数領域を決定してもよい。

40

【0201】

MIMOプリコーディング設定は、複数のアンテナによるビームフォーミングや複数ストリーム転送を意味する。複数本のアンテナを使うと、1本のアンテナよりも周波数効率が向上するので、少ない周波数領域でもアンテナ本数を増加させれば、周波数領域を広くしなくても通信速度が向上する。そこで、無線リソースの割り当て要求で、複数の周波数領域のうちのいずれの周波数領域の無線リソースを要求するかを指定することに代えて、あるいは、それに加えて、MIMOプリコーディング設定を指定してもよい。

50

【 0 2 0 2 】

< 変形例 6 >

管理サーバ 4、4 A、4 C は、ある車両用通信装置 2 1 に対して、1 つの基地局 3 との通信のために、時刻別の場所および無線リソースの割り当てと同時に、その基地局 3 と基地局エリア 7 の一部が重なる他の基地局 3 に対して、無線リソースの使用を禁止してもよい。

【 0 2 0 3 】

1 つの基地局 3 を基地局 3 A とし、他の基地局 3 を基地局 3 B として具体的に説明する。基地局 3 A と基地局 3 B は、図 1 3 に示すように、互いの基地局エリア 7 A、7 B が一部重なっている。車載システム 2 A を搭載した車両 5 A が、基地局エリア 7 A、7 B が重なっている領域に存在している状態で、車載システム 2 A が基地局 3 A と通信をするときに、基地局 3 B が他の車両用通信装置 2 1 と通信をすると、車載システム 2 A と基地局 3 A との通信は、干渉により通信効率が低下する可能性がある。そこで、車載システム 2 A に対して、基地局エリア 7 A、7 B が重なっている領域に場所リソースを割り当て、かつ、基地局 3 A が持つ無線リソースを割り当てた時刻に、同時に、基地局 3 B に対して無線リソースの使用を禁止する。このようにすれば、基地局 3 A と車載システム 2 A との通信効率の低下が抑制できる。

【 0 2 0 4 】

なお、基地局 3 B に対して無線リソースの使用を禁止する時刻に、既に、基地局 3 B が他の車両用通信装置 2 1 との通信のために無線リソースが割り当てられているなどの理由により、基地局 3 B に対して無線リソースの使用を禁止できないときもある。そのときは、車載システム 2 A に対する無線リソースの割り当てを、割り当て不可とする。

【 0 2 0 5 】

< 変形例 7 >

電波マップ 1 1 は信号強度を計測して作成していたが、信号強度を計測せず、基地局 3 からの距離により信号強度を決定する簡易な電波マップとしてもよい。この場合、基地局 3 からの距離が遠いほど信号強度が低下する。この電波マップの表現形式は、二次元的なものではなく、基地局 3 からの距離により信号強度が定まる関数としてもよい。この関数は、実質的に、基地局 3 からの距離が遠いほど信号強度が低下する二次元マップを示しているからである。

【 0 2 0 6 】

< 変形例 8 >

リソース割り当て要求に、必要通信速度に代えて、通信により実行する制御（たとえば車両遠隔制御）など、通信速度が推定できる情報を含ませてもよい。

【 0 2 0 7 】

< 変形例 9 >

無線リソース予約依頼に含まれる予約リソース量は基地局別でなくてもよい。どの基地局の無線リソースを割り当てるかをリソース管理サーバ 8 A が決定してもよいからである。

【 0 2 0 8 】

< 変形例 1 0 >

実施形態では、車両 5 に搭載された車両側通信部 2 1 3 が、要求送信部としてリソース割り当て要求を送信していた。しかし、要求送信部は、車両 5 に搭載されている必要はない。スマートフォンのように携帯される端末が要求送信部としての機能を備えていてもよい。携帯される端末が要求送信部としての機能を備える場合、車両 5 に持ち込まれた状態でリソース割り当て要求を送信する場合に限らず、車両 5 の外でユーザに操作され、車両 5 の外でリソース割り当て要求を送信してもよい。

【 0 2 0 9 】

さらに、車両 5 の外でユーザに操作されて、車両 5 の外でリソース割り当て要求を送信する装置は、携帯される必要はなく、固定型でもよい。固定型である場合、管理サーバ 4

10

20

30

40

50

と有線接続され、リソース割り当て要求を有線通信により送信してもよい。なお、携帯される端末が要求送信部としての機能を備える場合、その携帯される端末は、車両 5 に持ち込まれて車両用通信装置としても機能してもよいし、車両用通信装置とは別の端末であってもよい。

【0210】

車両用通信装置とは別装置であり、要求送信部の機能を備える装置を、以下、要求送信装置とする。要求送信装置は、車両用通信装置を装置 ID などにより指定してもよいし、その指定がなくてよい。要求送信装置が送信するリソース割り当て要求に車両用通信装置の指定がない場合でも、リソース割り当て要求には、場所リソースおよび無線リソースの割り当てを要求する区間を示す情報が最低限含まれる。場所リソースの割り当てを要求する区間を示す情報は、たとえば、前述した起点 P_S 、終点 P_G である。さらに、リソース割り当て要求には、起点 P_S を出発する時刻、終点 P_G に到着する時刻が含まれていてもよい。

【0211】

要求送信装置が送信するリソース割り当て要求に車両用通信装置の指定がない場合の一例は、配車も合わせて要求する場合である。管理サーバ 4 は、配車サーバとしての機能も備え、あるいは、管理サーバ 4 は配車サーバと連携して、リソース割り当て要求にて要求されている場所リソースを満たすことができる配車用の車両 5 を決定する。さらに、配車用の車両 5 を自動運転制御により起点 P_S まで移動させてもよい。

【0212】

<変形例 11>

第 7 実施形態では、他用途通信開始時刻に存在可能な場所の変動範囲において、最も通信効率がよい場所を滞在場所に決定していた。しかし、滞在する場所は、他用途通信を行う時間帯内に滞在可能な場所の変動範囲であればよく、他用途通信開始時刻に存在可能な場所の変動範囲内である必要はない。他用途通信を行う時間帯の一部の時間帯だけでも、通信効率がよい場所に滞在すれば、相対的に通信効率が悪い場所で他用途通信をするよりも無線リソースを有効に活用することができるからである。また、第 7 実施形態では、滞在場所を、滞在可能な場所の変動範囲において最も通信効率がよい場所としていた。しかし、滞在場所は、他用途通信を行うための滞在をすることなく走行する場合よりも、全体として通信効率が向上する場所であればよい。

【0213】

<変形例 12>

第 6 実施形態において、車車間通信により中継する区間を、通信途絶区間に限らず、必要リソース量に対して、割り当て可能な無線リソースが不足する区間としてもよい。つまり、走行経路の一部に、必要リソース量に対して割り当て可能な無線リソースが不足する区間があると判断しても、車車間通信を介した中継により、不足する必要リソース量を提供できる場合、その走行経路を、走行経路の候補とすることもできる。車車間通信を介した中継は、第 6 実施形態と同様に、無線リソースが不足する区間の前後に位置する車両用通信装置 21 が行う。中継するリソース量は、必要リソース量の全部であってもよいし、不足する無線リソース量だけでもよい。

【符号の説明】

【0214】

1、1A、1B、1C：車両用通信システム 2、2A：車載システム 3、3A、3B、3C、3D、3M、3N：基地局 4、4A、4C：管理サーバ（管理装置）
5、5A、5B、5C、5D、5E：車両 6：道路 7、7A、7B、7C、7D、7M、7N：基地局エリア 8A、8B：リソース管理サーバ（無線リソース割り当て部） 9A：計画サーバ（場所リソース割り当て部） 10：走行計画リスト
11：電波マップ 21：車両用通信装置 22：自動運転装置 23：位置検出器 41：サーバ側通信部 42：サーバ側通信制御部 43：サーバ側送信部（管理装置側送信部） 44：サーバ側受信部（管理装置側受信部） 102、10

10

20

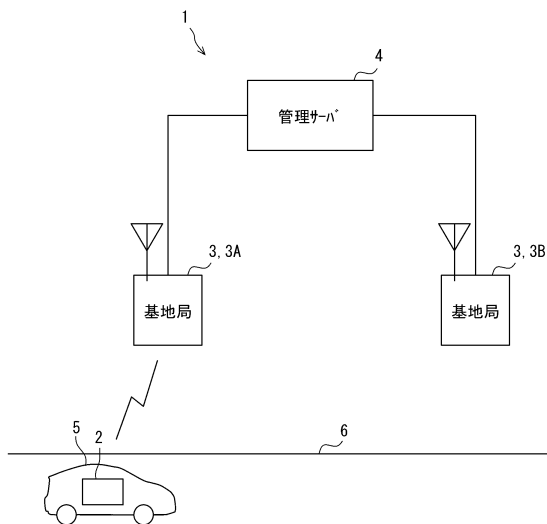
30

40

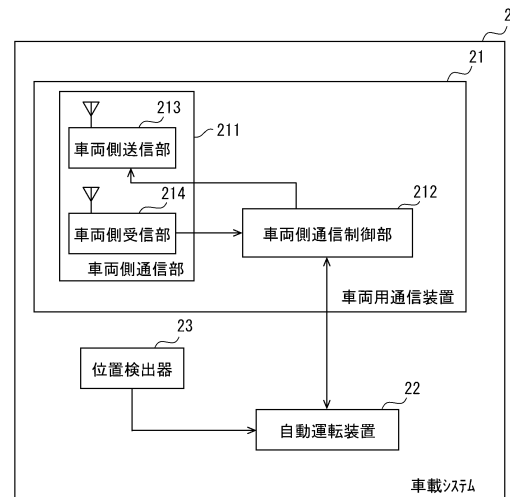
50

2 A、1 0 2 B：車載システム 1 2 1：車両用通信装置 2 1 1：車両側通信部
 2 1 2：車両側通信制御部 2 1 3：車両側送信部（要求送信部） 2 1 4：車両
 側受信部 2 1 5：車車間通信部

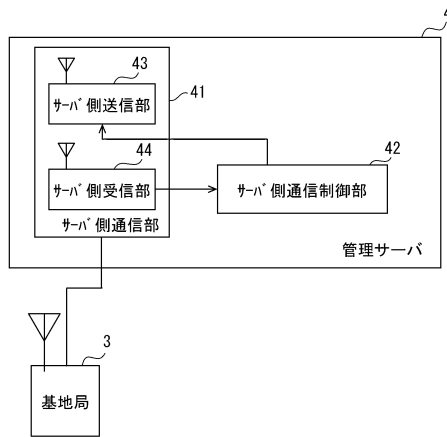
【図 1】



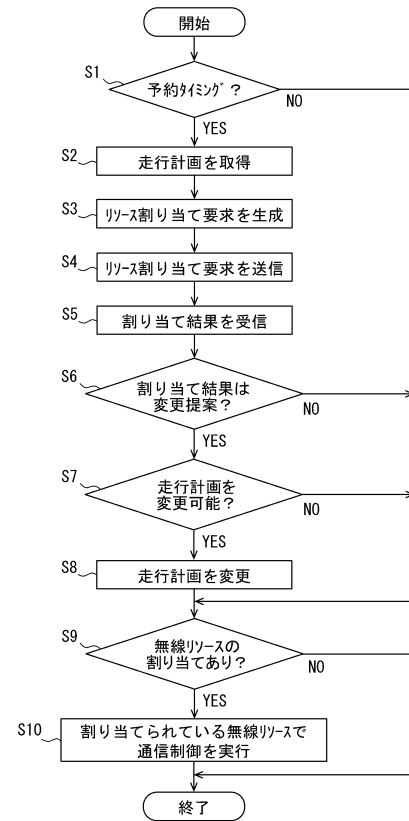
【図 2】



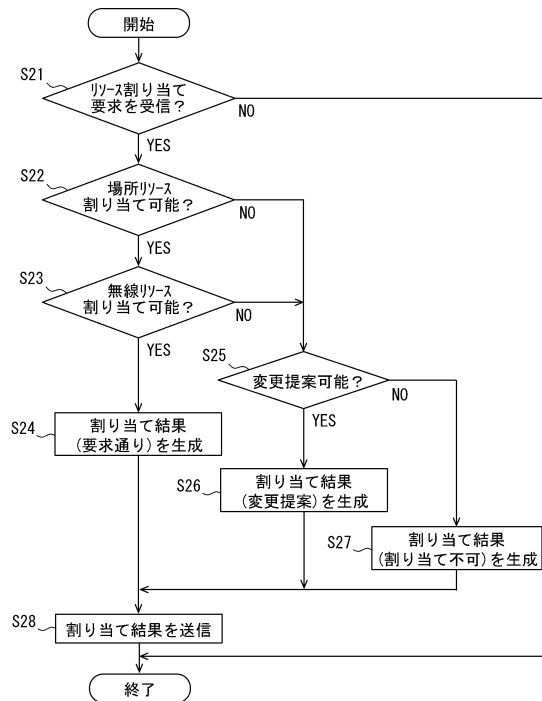
【図 3】



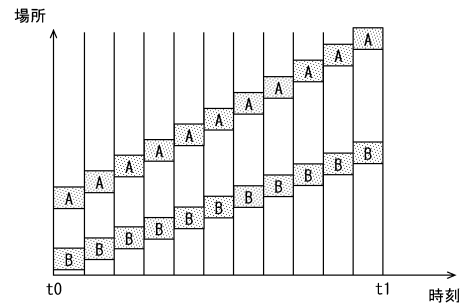
【図 4】



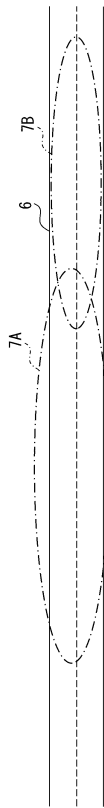
【図 5】



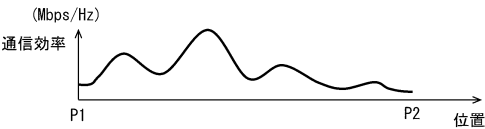
【図 6】



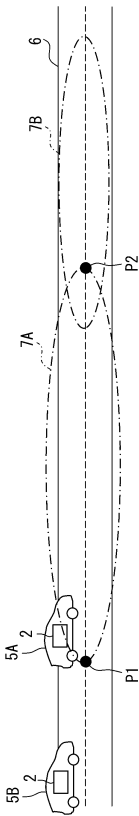
【図 7】



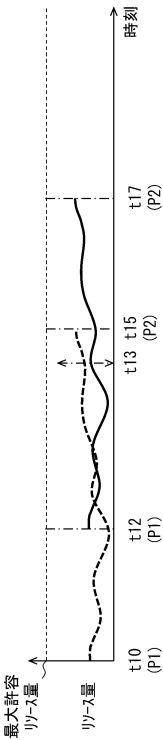
【図 8】



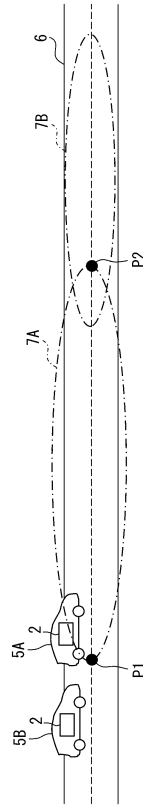
【図 9】



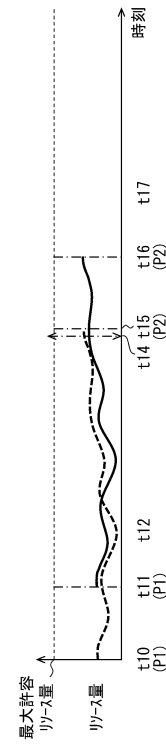
【図 10】



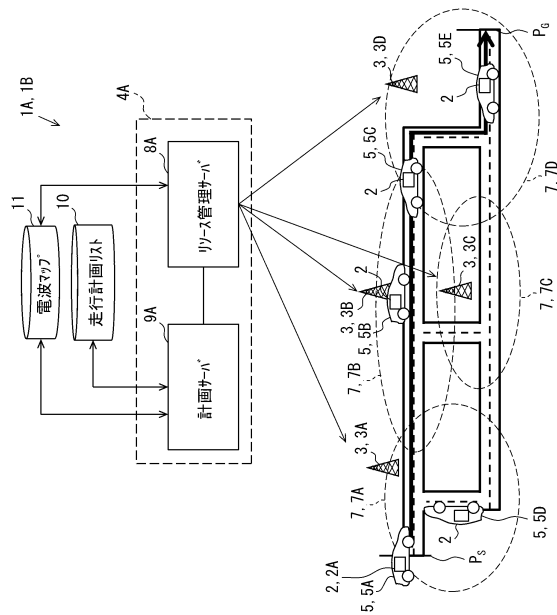
【図 1 1】



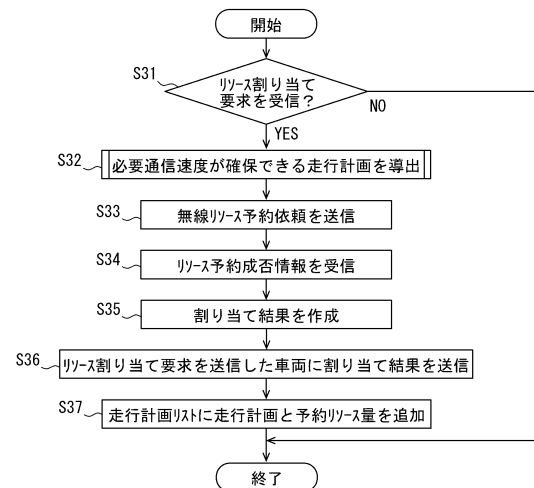
【図 1 2】



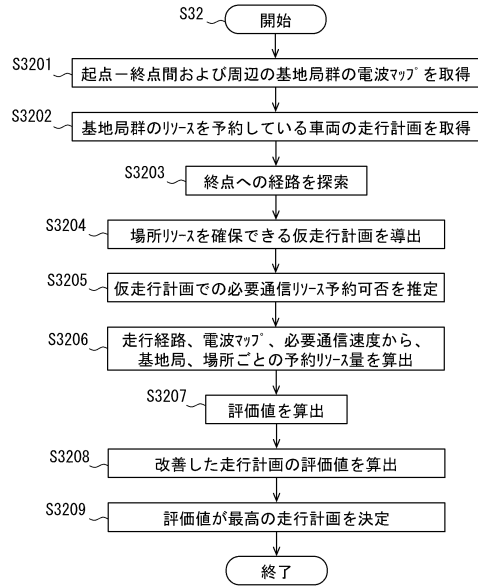
【図 1 3】



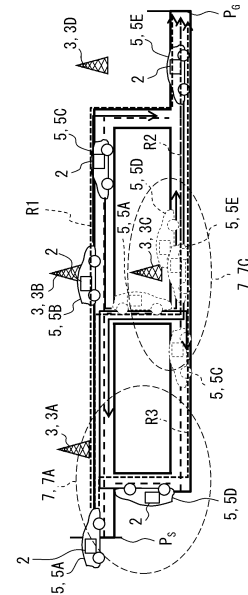
【図 1 4】



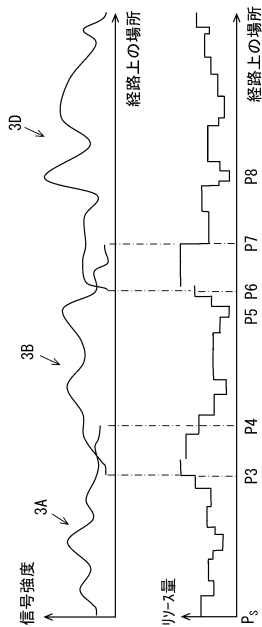
【図 15】



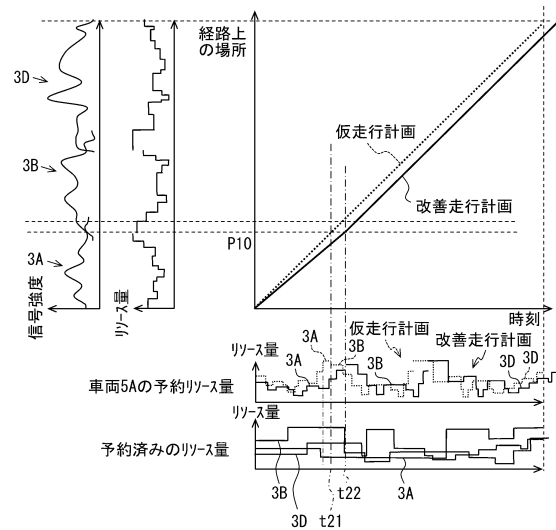
【図 16】



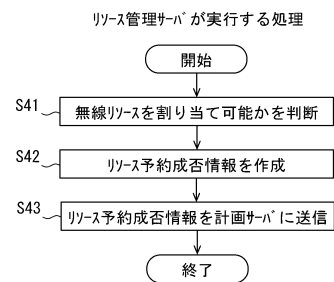
【図 17】



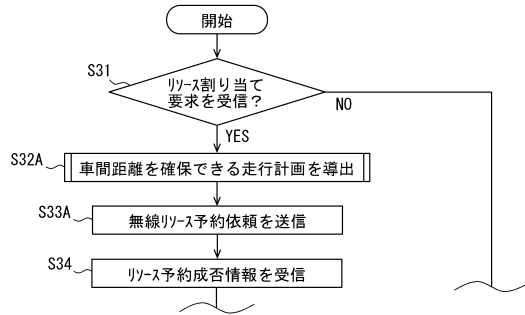
【図 18】



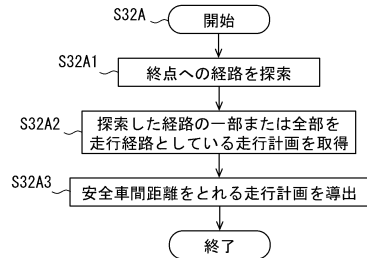
【図 19】



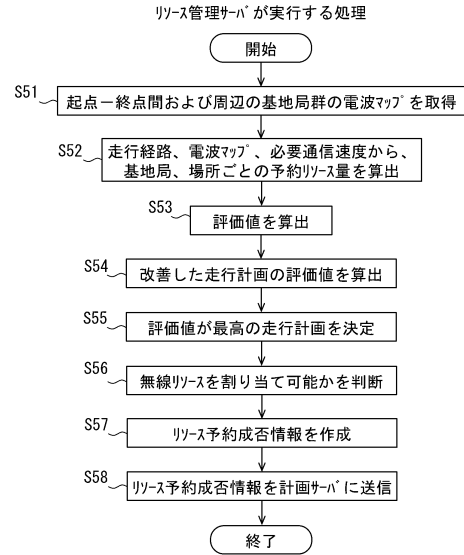
【図 20】



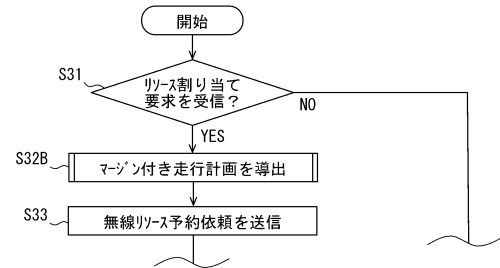
【図 21】



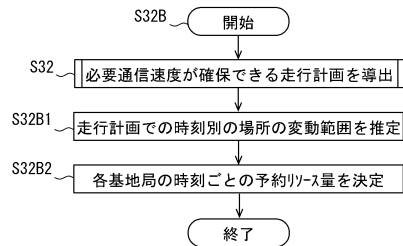
【図 22】



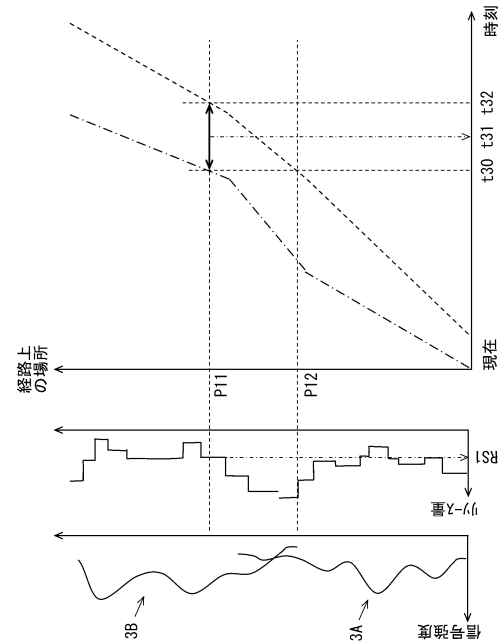
【図 23】



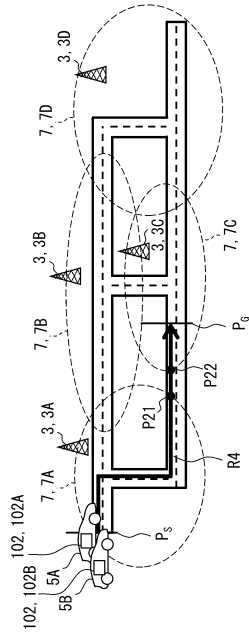
【図 24】



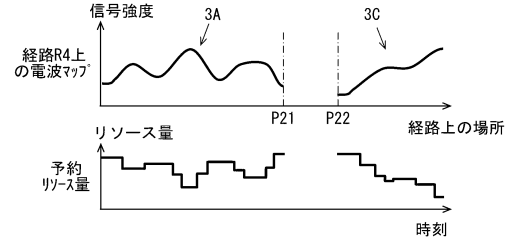
【図 25】



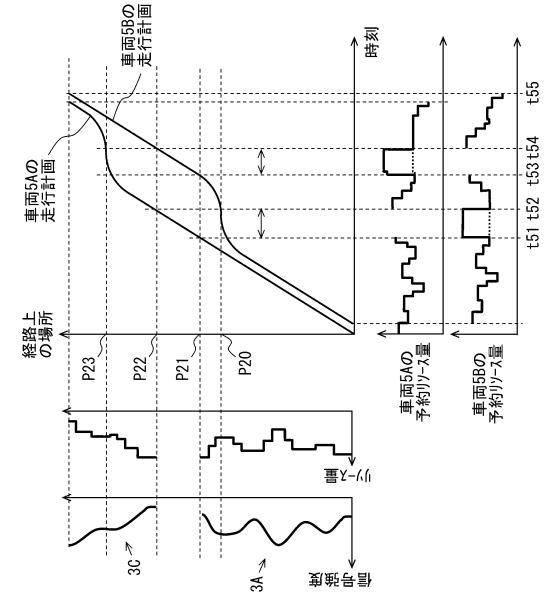
【図 30】



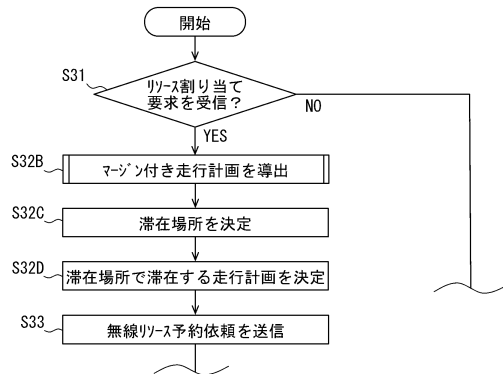
【図 31】



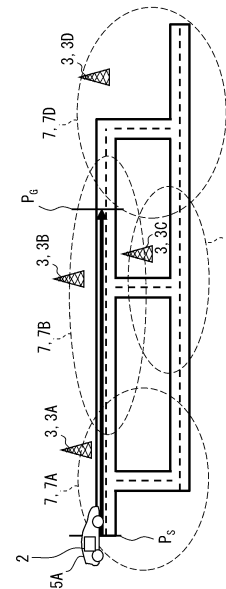
【図 32】



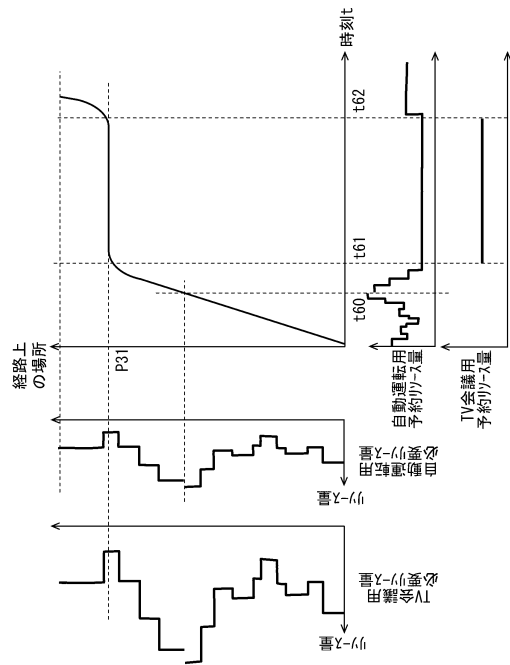
【図 33】



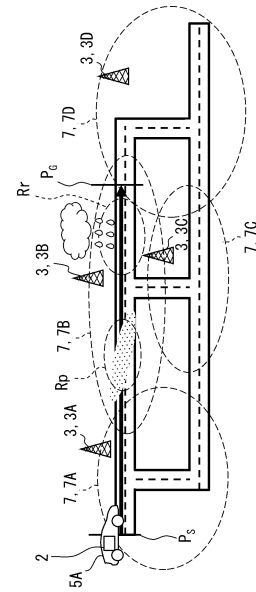
【図 34】



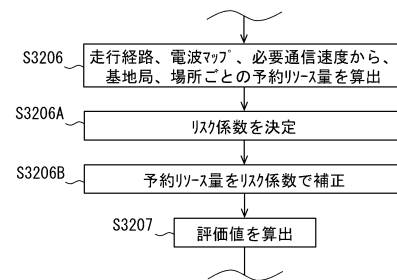
【図 35】



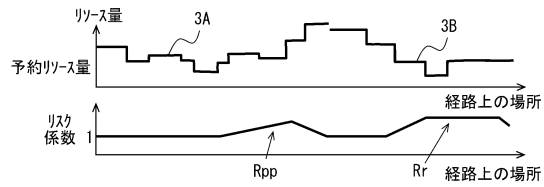
【図 36】



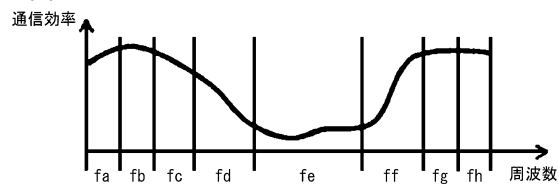
【図 37】



【図 38】



【図 39】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 1 4 - 3 3 5 5 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 5 6 6 7 8 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 4 W	4 / 0 0	-	9 9 / 0 0
H 0 4 B	7 / 2 4	-	7 / 2 6
G 0 8 G	1 / 0 9		