

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **047801**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

- | | |
|---|---|
| <p>(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.09.12</p> <p>(21) Номер заявки
202292126</p> <p>(22) Дата подачи заявки
2022.08.15</p> | <p>(51) Int. Cl. B60W 30/09 (2012.01)
G01S 11/12 (2006.01)
G01S 5/02 (2010.01)
G05D 1/02 (2020.01)
G08G 1/16 (2006.01)</p> |
|---|---|

(54) СИСТЕМА И СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ

- | | |
|---|---|
| <p>(31) 17/404,980</p> <p>(32) 2021.08.17</p> <p>(33) US</p> <p>(43) 2023.02.28</p> <p>(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ТРАНСПОРТЕЙШН АйПи
ХОЛДИНГС, ЛЛС (US)</p> <p>(72) Изобретатель:
Манджунатх Авинаш Хассан (IN),
Клифтон Стивен Гай (AU)</p> <p>(74) Представитель:
Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В.,
Бучака С.М., Бельтюкова М.В. (RU)</p> | <p>(56) US-B2-10816986
EP-B1-2495713
US-A1-20190375400
WO-A1-2016020290</p> |
|---|---|

- (57) В изобретении предложена система управления транспортным средством и способ прогнозирования предстоящей области пересечения (1000) предполагаемых путей первой системы (600) транспортного средства и второй системы (602) транспортного средства на основе текущих движений первой системы (600) транспортного средства и второй системы (602) транспортного средства. Расстояние досягаемости (1002; 1006; 1008) первой системы (600) транспортного средства вычисляется как расстояние от переднего края (1004) первой системы (600) транспортного средства до области пересечения (1000). Сравниваются разница между расстоянием досягаемости (1002; 1006; 1008) первой системы (600) транспортного средства и заданным расстоянием зазора (1014) с заданным расстоянием зазора (1014). Скорость первой системы (600) транспортного средства автоматически снижается в ответ на разницу, являющуюся не меньше, чем заданное расстояние зазора (1014), и/или первая система (600) транспортного средства автоматически останавливается в ответ на разницу, являющуюся меньше, чем заданное расстояние зазора (1014).

047801
B1

047801
B1

Перекрестная ссылка на связанные заявки

Настоящая заявка частично является продолжением заявки на патент США № 17/005,947, поданной 28 августа 2020 г., которая частично является продолжением заявки на патент США № 16/129405, поданной 12 сентября 2018 г. (теперь патент США № 10816986), которая частично является продолжением заявки на патент США № 15/226151, поданной 02 августа 2016 г. (теперь патент США № 10101432). Эта заявка также претендует на приоритет по заявке на патент Индии 202111030192, которая была подана 5 июля 2021 г. Полное раскрытие этих заявок включено сюда в настоящий документ посредством ссылки.

Уровень техники

Область техники

Объект, описанный в настоящем документе, относится к средствам управления транспортным средством, навигации и связанным с ними способам.

Обсуждение предшествующего уровня техники

Знание местоположения транспортного средства относительно окружающей среды транспортного средства может иметь решающее значение, особенно для автономных транспортных средств и/или транспортных средств, работающих в областях без четких линий видимости. Существует несколько систем, использующих электромагнитную энергию для обнаружения объектов в пределах окружающей среды и измерения относительных расстояний между объектами. Например, обычные системы измерения расстояния на основе электромагнитной ("ЭМ") энергии обычно используют индикаторы уровня принятого сигнала для обнаружения близости, в то время как несущий ЭМ сигнал может быть модулирован идентификационными данными передатчика. Из-за очень низкой ЭМ частоты (например, порядка нескольких килогерц) передача данных по несущему сигналу может занять много времени. Это, в свою очередь, может уменьшить количество передатчиков, которые могут быть надежно идентифицированы в пределах заданного пространства или окружающей среде и в течение ограниченного количества времени. Кроме того, время, необходимое для измерения расстояний, может быть довольно большим и может не подходить для транспортных средств, движущихся на более высоких скоростях.

Другой проблемой, связанной с существующими системами контроля расстояния на основе ЭМ, является необходимость согласования в режиме реального времени интервалов передачи для ЭМ передатчиков в заданной окружающей среде или области приема, чтобы избежать конфликтов в эфире. В окружающих средах, где количество передатчиков является плавающим (например, когда растущее число передатчиков случайным образом движется за пределы окружающей среды или в область приема, например, на дороги), и учитывая относительно большую продолжительность ЭМ вещания, эта проблема может быстро стать неуправляемой. Эта проблема может ограничить количество передатчиков, которые можно использовать одновременно, до небольшого количества, и может увеличить периоды обновления расстояния до секунд, а не миллисекунд.

Другие известные системы используют отслеживание глобальной системы позиционирования (GPS) для обнаружения положения транспортных средств в пределах некоторой области, например, для использования при предотвращении столкновений и составлении отчетов. Хотя GPS отслеживание, как правило, подходит для наземных приложений, под землей оно недоступно, что делает такие системы особенно непригодными для подземных приложений и т.п.

Ввиду вышеизложенного может возникнуть потребность в системе и способе обнаружения положения и близости, которые отличаются от тех систем и способов, которые доступны в настоящее время.

Краткое описание

В одном варианте осуществления способ включает прогнозирование предстоящей области пересечения предполагаемых путей первой системы транспортного средства и второй системы транспортного средства на основе текущих движений первой системы транспортного средства и второй системы транспортного средства, вычисление расстояния досягаемости первой системы транспортного средства, причем расстояние досягаемости определено как расстояние от переднего края первой системы транспортного средства до области пересечения, сравнение разницы между расстоянием досягаемости первой системы транспортного средства и заданным расстоянием зазора с заданным расстоянием зазора, и одно или более из: (a) автоматического снижения скорости первой системы транспортного средства в ответ на то, что разница является не меньше, чем заданное расстояние зазора, и/или (b) автоматической остановки первой системы транспортного средства в ответ на то, что разница является меньше, чем заданное расстояние зазора.

В другом примере способ включает измерение угловой скорости движущейся первой системы транспортного средства, вычисление предстоящего криволинейного пути первой системы транспортного средства с использованием измеренной угловой скорости, контроль движения второй системы транспортного средства, определение того, будет ли вторая система транспортного средства находиться в пределах критического расстояния вдоль предстоящего криволинейного пути, расстояния предупреждения вдоль предстоящего криволинейного пути или расстояния оповещения вдоль предстоящего криволинейного пути в течение одного или более заданных периодов времени, а также одно или более из автоматической остановки первой системы транспортного средства в ответ на определение того, что вторая система транспортного средства будет находиться в пределах критического расстояния в течение одного

или более заданных периодов времени, автоматического замедления первой системы транспортного средства в ответ на определение того, что вторая система транспортного средства будет находиться в пределах расстояния предупреждения в течение одного или более заданных периодов времени и/или генерирования оповещения оператору первой системы транспортного средства в ответ на определение того, что вторая система транспортного средства будет находиться в пределах расстояния оповещения в течение одного или более заданных периодов времени.

В другом примере система содержит контроллер транспортного средства, выполненный с возможностью размещения на борту первой системы транспортного средства и управления движением первой системы транспортного средства. Контроллер транспортного средства выполнен с возможностью прогнозирования предстоящей области пересечения предполагаемых путей первой системы транспортного средства и второй системы транспортного средства на основе текущих движений первой системы транспортного средства и второй системы транспортного средства. Контроллер транспортного средства выполнен с возможностью вычисления расстояния досягаемости первой системы транспортного средства как расстояния от переднего края первой системы транспортного средства до области пересечения. Контроллер транспортного средства выполнен с возможностью сравнения разницы между расстоянием досягаемости

первой системы транспортного средства и заданным расстоянием зазора с заданным расстоянием зазора. Контроллер транспортного средства выполнен с возможностью одно или более из: (а) автоматического снижения скорости первой системы транспортного средства в ответ на разницу, являющуюся не меньше, чем заданное расстояние зазора, и/или (b) автоматической остановки первой системы транспортного средства в ответ на разницу, являющуюся меньшей, чем заданное расстояние зазора.

Краткое описание графических материалов

Объект изобретения можно понять, прочитав следующее описание неограничивающих вариантов осуществления со ссылкой на приложенные графические материалы (где это возможно, одни и те же ссылочные позиции, используемые на графических материалах, относятся к одним и тем же или подобным частям), при этом ниже:

фиг. 1 представляет собой упрощенную схематическую иллюстрацию зоны приема, показывающую совокупность транспортных средств и персонала, с которыми может использоваться система обнаружения положения и близости, согласно одному варианту осуществления;

фиг. 2 представляет собой подробный вид области А на фиг. 1, показывающий транспортное средство, оборудованное системой обнаружения близости в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 3 представляет собой схему, иллюстрирующую один вариант осуществления синхронных передач, выполняемых системой обнаружения близости;

фиг. 4 представляет собой подробный вид области В на фиг. 1;

фиг. 5 иллюстрирует один вариант осуществления системы предотвращения столкновений транспортных средств;

фиг. 6 иллюстрирует один пример работы системы предотвращения столкновений;

фиг. 7 иллюстрирует другой пример работы системы предотвращения столкновений;

фиг. 8 иллюстрирует другой пример работы системы предотвращения столкновений;

фиг. 9А и 9В иллюстрируют блок-схему одного варианта осуществления способа предотвращения столкновений между транспортными средствами;

фиг. 10 иллюстрирует другой вариант осуществления работы системы предотвращения столкновений транспортных средств выше;

фиг. 11 иллюстрирует другой пример, где предполагаемые пути систем транспортных средств наклонены друг к другу под тупым углом (например, угол подхода второй системы транспортного средства является острым);

фиг. 12 иллюстрирует пример, где предполагаемые пути систем транспортных средств наклонены друг к другу под острым углом (например, угол подхода второй системы транспортного средства является тупым);

фиг. 13 иллюстрирует другой вариант осуществления работы системы предотвращения столкновений транспортных средств;

фиг. 14 иллюстрирует другой вариант осуществления работы системы предотвращения столкновений транспортных средств;

фиг. 15 иллюстрирует блок-схему одного примера способа предотвращения столкновений между системой транспортного средства и по меньшей мере одним другим объектом;

фиг. 16 иллюстрирует блок-схему другого примера способа предотвращения столкновений между системой транспортного средства и по меньшей мере одним другим объектом и

фиг. 17 иллюстрирует блок-схему другого примера способа предотвращения столкновений между системой транспортного средства и по меньшей мере одним другим объектом.

Подробное описание

Варианты осуществления объекта изобретения относятся к системе управления транспортным средством, навигационной системе для нее и обнаружению близости объектов в пределах области прие-

ма, прилегающей к транспортному средству. Некоторые варианты осуществления относятся к системам и способам обнаружения близости объектов или транспортных средств по отношению к рассматриваемому транспортному средству в пределах зоны приема или окружающей среды. В одном варианте осуществления система для обнаружения близости содержит первое транспортное средство, имеющее излучатель, который может передавать/излучать радиочастотный (РЧ) сигнал высокой частоты синхронно с по меньшей мере одним ЭМ импульсом, и приемный блок, расположенный на удалении от первого транспортного средства, при этом приемный блок содержит приемник магнитного поля, РЧ приемопередатчик и модуль обработки, соединенный с РЧ приемопередатчиком и приемником магнитного поля. Приемный блок может принимать РЧ сигнал высокой частоты и ЭМ импульс от первого транспортного средства и определять близость первого транспортного средства к приемному блоку. В одном варианте осуществления близость первого транспортного средства к приемному блоку вычисляется в зависимости от принятой напряженности магнитного поля. Хотя описание в настоящем документе сосредоточено на транспортных средствах или транспортных средствах, работающих в подповерхностных или подземных окружающих средах, не все варианты осуществления объекта изобретения ограничены транспортными средствами. Один или более вариантов осуществления могут использоваться для обнаружения близости и/или предотвращения столкновений для других типов транспортных средств, таких как автомобили (с ручным управлением и/или автономными или без водителя), рельсовые транспортные средства, добывающие транспортные средства, грузовые автомобили, автобусы, морские суда, самолеты или т. п. Не обязательно, один или более вариантов осуществления могут использоваться с транспортными средствами, которые добывают ресурсы из надземных или надповерхностных местоположений, таких как открытый карьер, содержащий ресурсы.

Фиг. 1 схематично иллюстрирует зону приема или окружающую среду 10, в пределах которой может входить или выходить система 100 обнаружения положения и близости, согласно одному варианту осуществления. Система, необязательно, может называться системой предотвращения столкновений транспортных средств или системой предотвращения столкновений мобильного оборудования. В качестве примера область приема может представлять собой подземную шахту, автостоянку, участок для транспортировки материалов, дорожную систему, пути полетов, водные пути или железнодорожную станцию и т.п., имеющую маршрут 12, вдоль которого совокупность транспортных средств и персонала выполнены/установлены для передвижения и работы. В варианте осуществления маршрут может быть транспортным маршрутом для транспортных средств. В других вариантах осуществления область приема может представлять собой нечетко определенную область, в которую и из которой движутся транспортные средства или объекты, например, толща воды (внутри которой передвигаются морские суда), проезжая часть (по которой передвигаются автомобили, например, автомобили с водителем или без водителя), железная дорога (по которой передвигаются локомотивы) или другая окружающая среда. Используемый в настоящем документе термин "область приема" означает область, окружающую и прилегающую к транспортному средству или объекту, оснащенному описанным в настоящем документе блоком обнаружения близости, в которую или из которой может передвигаться транспортное средство.

Система обнаружения положения и близости может содержать один или более блоков обнаружения близости, расположенных на борту одного или более транспортных средств (например, транспортных средств 110, 112, 114, 116). Как проиллюстрировано на фиг. 2, каждый блок обнаружения близости может содержать приемопередатчик 120 и блок 122 управления (например, схему на основе микропроцессора), электрически или иным образом соединенный с приемопередатчиком. В некоторых вариантах осуществления приемопередатчик может представлять собой отдельные устройства передатчика/излучателя и приемника. Блок обнаружения близости, включая приемопередатчик, может быть установлен в любом месте в пределах первого транспортного средства 112, таком как, например, в багажнике транспортного средства или в моторном отсеке транспортного средства. Приемопередатчик может содержать, по меньшей мере, первый и второй выходные каналы. В варианте осуществления первый выходной канал представляет собой высокочастотный РЧ канал, а второй выходной канал представляет собой низкочастотный ЭМ канал. Приемопередатчик может генерировать как радиочастотные ("РЧ") сигналы высокой частоты, например, РЧ сигнал 124 (например, РЧ вещание), так и передачи ЭМ импульсов, например, ЭМ импульс 126, используя первый и второй каналы соответственно.

Подходящие блоки обнаружения близости могут определять транспортные средства или другие объекты в пределах области приема. В одном варианте осуществления приемопередатчик под управлением блока управления может генерировать немодулированный короткий ЭМ импульс (например, несколько циклов колебаний) синхронно с модулированным РЧ сигналом по первому и второму каналам, соответственно. ЭМ импульс и РЧ сигнал имеют фиксированную продолжительность. В одном варианте осуществления ЭМ импульс не несет никаких данных и используется только для измерений уровня сигнала (расстояния), в то время как РЧ сигнал высокой частоты несет идентификационную информацию приемопередатчика (т.е. он модулируется идентификатором приемопередатчика/излучателя или идентификатором транспортного средства). В варианте осуществления идентификатор (например, идентичность или идентификация) может быть защищен контрольной суммой.

С дополнительной ссылкой на фиг. 1 и 2 система может содержать один или более приемных бло-

ков 13б, переносимых или связанных с объектами или персоналом в пределах области приема, таких как, например, персоны или операторы 130, 132, 134. Каждый приемный блок может содержать приемник 138 переменного или постоянного магнитного поля, РЧ приемопередатчик 140 и модуль 142 обработки (например, процессорную схему), электрически соединенный с приемником магнитного поля и РЧ приемопередатчиком. В варианте осуществления модуль обработки может быть снабжен информацией о напряженности магнитного поля, излучаемой блоками обнаружения близости системы (например, хранящейся в энергонезависимой памяти), а также справочной таблицей или алгоритмом, с помощью которого модуль обработки может вычислять расстояние от транспортного средства, которое генерирует ЭМ импульсы, как подробно описано ниже.

Во время работы, когда совокупность транспортных средств передвигаются по области приема, блоки обнаружения близости на борту каждого транспортного средства синхронно передают РЧ сигнал (несущий приемопередатчик/излучатель и/или идентификатор транспортного средства) и ЭМ импульсы через излучатель (например, приемопередатчик). Например, как проиллюстрировано на фиг. 2, блок обнаружения близости на борту первого транспортного средства генерирует РЧ и ЭМ передачи соответственно, которые затем распространяются в пространстве до тех пор, пока передачи не достигнут другого транспортного средства или объекта в пределах области приема (например, персоны, несущей приемный блок). Приемник магнитного поля приемного блока принимает ЭМ импульсы, в то время как РЧ приемопередатчик принимает РЧ сигнал. Время начала принятого РЧ сигнала, а также время начала и окончания обнаруженного ЭМ импульса записываются модулем обработки и используются для проверки продолжительности ЭМ импульса и синхронности ЭМ импульса с РЧ сигналом для связывания РЧ сигнала и ЭМ импульсов друг с другом. Со ссылкой на фиг. 3 синхронное начало 144 РЧ сигнала и ЭМ импульса проверяется на принимающем конце (например, в принимающем устройстве). Аналогичным образом продолжительность ЭМ импульса d измеряется на принимающем конце (например, на принимающем устройстве). Это гарантирует, что никакие две ЭМ передачи от двух разных передатчиков не могут быть ошибочно приняты друг за друга на принимающем конце. Передачи либо принимаются четко и подтверждаются, либо отклоняются, если контрольная сумма РЧ сигнала не удалась или продолжительность ЭМ сигнала измеряется неправильно из-за редкого РЧ столкновения или ЭМ шума.

Кроме того, блок управления может использовать механизм прослушивания перед разговором со случайной задержкой на РЧ канале высокой частоты для арбитража одновременных сообщений от конкурирующих приемопередатчиков, таких как приемопередатчики, установленные на других транспортных средствах в пределах области приема. Блок управления может воспринимать или "слушать" радиосреду в пределах области приема до генерирования передач, чтобы предотвратить одновременную передачу от конкурирующих приемопередатчиков. Блок управления может гарантировать, что область приема свободна от конкурирующей передачи до РЧ и ЭМ передачи.

Модуль обработки приемного блока принимает РЧ передачу и ЭМ импульсы и может связывать передачи друг с другом для проверки или подтверждения источника. Модуль обработки определяет расстояние между приемным блоком (переносимым персоной) и излучателем на борту первого транспортного средства на основе напряженности принимаемого магнитного поля. Определенный уровень принимаемого сигнала указывает на определенное расстояние. Например, в некоторых вариантах осуществления измерение расстояния может быть основано на интенсивности генерируемого магнитного поля. Мощность генерируемого поля может быть откалибрована и известна. Соотношение между интенсивностью поля и расстоянием также может быть известно и замерено. Приемопередатчик/приемник, который принимает передачи, измеряет интенсивность поля и сопоставляет интенсивность поля с предварительно записанным расстоянием в таблице поиска, хранящейся в памяти модуля обработки. В других вариантах осуществления можно использовать модель, основанную на известных физических формулах распространения ЭМ поля.

Как указано выше, модуль обработки приемного блока может быть предварительно настроен с учетом напряженности излучаемого поля (которая может быть фиксированным значением для всей системы). В других вариантах осуществления напряженность поля, излучаемого блоком обнаружения близости, может передаваться от блока обнаружения близости к приемному блоку по РЧ каналу в дополнение к информации об идентификаторе приемопередатчика/транспортного средства. Затем модуль обработки может использовать напряженность излучаемого поля и принимаемые значения напряженности поля для вычисления или определения расстояния от первого транспортного средства, от которого были сделаны передачи, например, с помощью справочной таблицы или алгоритма, хранящегося в памяти. Как только напряженность поля преобразуется в измерение расстояния модулем обработки приемного блока, это измерение передается обратно в блок обнаружения близости первого транспортного средства по РЧ каналу (например, от РЧ приемопередатчика к исходному приемопередатчику). Затем это измерение расстояния может использоваться блоком управления на борту первого транспортного средства для определения действия транспортного средства, которое необходимо предпринять (например, продолжить движение по маршруту, изменить маршрут, замедлиться, остановиться, уведомить оператора и т.д.). В качестве альтернативы, блок управления блока обнаружения близости может принимать РЧ сигналы и/или ЭМ импульсы, излучаемые другими блоками обнаружения близости, и может измерять расстояния до

других блоков обнаружения близости, как описано в настоящем документе в связи с принимающим блоком.

В дополнение к передаче измерения расстояния обратно на исходный приемопередатчик первого транспортного средства приемный блок и/или блок управления может также генерировать сигнал тревоги или оповещение, если был нарушен предустановленный порог "безопасного" расстояния. В варианте осуществления оповещение может быть звуковым сигналом тревоги, визуальным оповещением или другим воспринимаемым органами чувств оповещением. Например, приемный блок и/или блок управления может содержать один или более СИД, вибраторов, динамиков и т.п. для привлечения внимания пользователя к факту нарушения предустановленного порога безопасности. Это оповещение может побудить оператора увеличить расстояние между ним/ней и транспортным средством или искать безопасное местоположение, пока транспортное средство не проедет мимо.

Система обнаружения близости может определять близость транспортных средств, работающих в пределах области приема, к объекту или персоне, оснащенной приемным блоком, и генерировать оповещения или уведомления (либо на приемном блоке, либо на самих транспортных средствах, либо на обоих). Таким образом можно повысить эксплуатационную безопасность в пределах области приема, а также свести к минимуму или устранить узкие места или дублирование.

В некоторых вариантах осуществления приемопередатчик на борту транспортных средств может содержать приемник ЭМ или постоянного магнитного поля, чтобы можно было определять расстояния между транспортными средствами. Подходящая альтернативная или дополнительная функциональная возможность системы обнаружения близости может содержать один или более детекторов времени пролета (TOF), LIDAR и систему видео или камеры.

Подходящая частота РЧ передачи РЧ сигнала высокой частоты может содержать определенные частоты в пределах диапазона от мегагерц (МГц) до гигагерц (ГГц). В одном варианте осуществления РЧ сигнал высокой частоты составляет по меньшей мере 1 МГц. В различных вариантах осуществления частота РЧ сигнала находится на нижнем конце диапазона от МГц до ГГц. Чем выше частота, тем быстрее сигнал, что позволяет большему количеству транспортных средств находиться в пределах области приема по сравнению с существующими системами. Соответственно, более высокая частота может использоваться там, где ожидается большой объем движения транспортных средств. В некоторых вариантах осуществления частота для РЧ сигнала может быть выбрана в зависимости от ряда факторов, включая количество транспортных средств, которые ожидаются или оцениваются присутствующими в определенной области приема в заданное время, и конкретное применение, для которого используется система (например, на проезжей части, в пределах подземной шахты и т.д.). Например, в подземных приложениях может быть желательно использовать более низкую частоту для РЧ сигнала, когда линия видимости между транспортными средствами, работающими в пределах указанного пространства, не всегда присутствует. Это связано с тем, что чем ниже частота, тем меньше система зависит от наличия прямой линии видимости (что часто невозможно из-за множества изгибов и поворотов шахты) из-за дифракции РЧ волн (например, огибание вокруг углов) и способность проникать сквозь стены в пределах шахты.

В варианте осуществления ЭМ частота может быть равна нулю (т.е. постоянное магнитное поле, но не электрическое). В таком случае детектор приемопередатчика воспримет мгновенное изменение магнитного поля Земли и вычислит индуцированный вектор от изменения магнитного поля на основе предварительно измеренной базовой линии. В варианте осуществления ЭМ частота выбирается как можно более низкой, поскольку в металлических объектах, расположенных между передатчиком и приемником, меньше индуцированных токов, и меньше связанные потери интенсивности поля из-за таких индуцированных токов. Кроме того, выбор низкой частоты для ЭМ импульсов обеспечивает гораздо более высокую устойчивость к различным ЭМ шумам, исходящим от возможных электрических и электронных устройств, расположенных в пределах области приема. Использование постоянного магнитного поля позволяет отфильтровать переменный ЭМ шум. В связи с вышеизложенным использование постоянного магнитного поля возможно, поскольку ЭМ поле не используется в качестве носителя данных. До сих пор это было невозможно в существующих системах, потому что ЭМ поле обычно использовалось в качестве носителя данных.

Из-за гораздо более короткого времени передачи по сравнению с существующими системами измерения расстояния на основе электромагнитной энергии время, необходимое для измерения расстояния между передатчиком и приемником (например, расстояния между транспортными средствами) и однозначной идентификации передатчика, может быть уменьшено. Описанные в настоящем документе системы и способы позволяют сократить время передачи примерно от около 100 до около 500 раз по сравнению с некоторыми известными системами и способами. Кроме того, проблема арбитража временных интервалов нескольких приемопередатчиков, присутствующая в некоторых существующих системах, может быть решена путем использования механизма прослушивания перед разговором, используемого одним или более вариантами осуществления блока управления, описанного в настоящем документе. Это, в свою очередь, позволяет большему количеству транспортных средств или объектов работать в пределах области приема и сократить периоды времени между измерениями расстояния.

Хотя система 100, описанная выше, может использоваться для обнаружения близости транспорт-

ных средств к операторам или персоналу и другим объектам, несущих или оснащенных приемным блоком, для предотвращения вторжений транспортных средств в области, где работает персонал, может оставаться необходимость определения абсолютного положения одного или более транспортных средств в пределах области 10 приема, независимо от другого персонала или объектов в пределах области приема. Для решения этой проблемы транспортные средства, работающие в пределах области приема, также могут быть оснащены бортовой навигационной системой, которая может определять или вычислять положение транспортного средства в пределах области приема (например, подземная шахта, автостоянка, железнодорожная станция), а в области приема может быть совокупность стационарных радиомаяков 210, 212, 214, 216, которые могут связываться с транспортными средствами, как дополнительно показано на фиг. 1.

Радиомаяки могут содержать соответствующий блок приемопередатчика, который обеспечивает связь с транспортными средствами, когда транспортные средства находятся в пределах досягаемости, например, осуществляемой посредством радиосвязи. В одном варианте осуществления радиомаяки могут передавать положения/местоположения радиомаяков в пределах области 10 приема для транспортных средств, которые проезжают в пределах досягаемости соответствующего радиомаяка. В других вариантах осуществления радиомаяки могут передавать идентифицирующую информацию транспортным средствам в пределах досягаемости, которая затем может быть сопоставлена с базой данных на борту транспортного средства, которая указывает конкретное местоположение передающего радиомаяка в пределах области 10 приема на основе принятого идентификатора радиомаяка.

Со ссылкой на фиг. 4 навигационная система 218 на борту каждого транспортного средства (например, второго транспортного средства) содержит навигационное устройство типа инерциальной платформы, которое может использовать, например, датчики движения (акселерометры) и датчики вращения (гироскопы) для непрерывного вычисления посредством точного счисления положения, ориентации и скорости (например, направление и скорость движения) второго транспортного средства без необходимости использования внешних ссылок. Второе транспортное средство может связываться с радиомаяками, а также с другими транспортными средствами, когда оно находится в пределах досягаемости. Например, как проиллюстрировано на фиг. 4, первое транспортное средство может обмениваться данными через приемопередатчик второго транспортного средства и, необязательно, с радиомаяком, когда транспортное средство сначала проезжает мимо радиомаяка или движется относительно второго транспортного средства. В одном варианте осуществления приемопередатчик и блок управления могут быть теми же приемопередатчиком и блоком управления, которые используются для обнаружения близости, как обсуждалось выше. В других вариантах осуществления приемопередатчик и блок управления могут быть автономными устройствами.

Во время работы каждое транспортное средство (например, второе транспортное средство) может вести историю или журнал точных движений транспортного средства по заданной области, например по маршруту, используя навигационное устройство на борту первого транспортного средства. Каждое второе транспортное средство может вычислить положение транспортного средства в пределах области приема с помощью бортового навигационного устройства и посредством счисления пути. Записанное положение второго транспортного средства затем может быть передано или оповещено (например, по радиоканалу) другим транспортным средствам в пределах досягаемости, чтобы гарантировать, что избегаются столкновения. Однако во время передвижения транспортного средства расчетное положение каждого транспортного средства (определяемое бортовым навигационным устройством) может отличаться от фактического положения каждого такого транспортного средства. Система может обнулить такую накопленную ошибку или дрейф (например, фактическое положение транспортного средства по отношению к расчетному положению, определенному навигационным устройством) с помощью радиомаяков.

Когда транспортные средства проезжают в пределах досягаемости радиомаяков (точное положение которых известно и регистрируется, как обсуждалось выше), расчетное положение любого такого транспортного средства обновляется точным известным положением, принятым от радиомаяка. В результате, хотя дрейф или ошибка в расчетном положении транспортного средства могут накапливаться по мере того, как транспортные средства передвигаются между радиомаяками, проезд радиомаяка в пределах области приема по существу сбрасывает или повторно калибрует блок управления и навигационное устройство, предотвращая накопленную ошибку или дрейф от распространения на весь путь передвижения транспортного средства.

В одном варианте осуществления система определения положения может использоваться для создания навигационной цепочки данных для последующего использования операторами шахт для воспроизведения инцидентов и т.п. Путь передвижения (включая время и местоположение) каждого транспортного средства может регистрироваться бортовым блоком управления и передаваться обратно на поверхность, когда транспортное средство находится в пределах досягаемости (например) точки доступа Wi-Fi или системы подачи утечек в пределах шахты. Эти данные можно использовать для оценки эффективности, износа шин, времени безотказной работы, отслеживания времени использования по сравнению со временем простоя и т.д.

В то время как фиг. 1 показана система обнаружения близости (например, транспортные средства,

оснащенные излучателем/передатчиком РЧ и ЭМ импульсов, а также объекты и персонал, оснащенные приемными блоками для вычисления близости транспортного средства) и система определения положения (например, транспортные средства, оснащенные бортовой навигационной системой, и которые могут связываться со статическими радиомаяками в пределах области приема) как единая интегрированная система, причем система может быть отдельными системами, которые могут быть развернуты независимо или в сочетании друг с другом. Возможности обнаружения близости могут быть развернуты независимо от функциональных возможностей определения положения и наоборот. Например, в варианте осуществления система может содержать транспортные средства, оснащенные навигационными системами, которые могут оценивать положение соответствующего транспортного средства в пределах области приема, и радиомаяки, расположенные в различных местоположениях в пределах области приема, которые обеспечивают транспортные средства, проезжающие через них с известными (или абсолютными) опорными точками, чтобы можно было обнулить любую накопленную навигационную ошибку. В других вариантах осуществления система может содержать транспортные средства, оснащенные блоками обнаружения близости, которые могут излучать РЧ сигналы и ЭМ импульсы, а также объекты или персонал, переносящие приемные блоки, которые могут принимать РЧ сигналы и ЭМ импульсы и вычислять близость излучающих транспортных средств. То есть функции обнаружения близости и определения положения могут быть интегрированы в одну комплексную систему или могут быть развернуты отдельно и независимо друг от друга.

В одном варианте осуществления приемопередатчики блоков обнаружения близости на борту транспортных средств могут принимать сигналы, такие как ЭМ импульсы и РЧ сигналы, отправляемые от приемопередатчиков других блоков обнаружения близости, для обнаружения близости транспортных средств друг к другу и/или к другим объектам. Например, первый блок обнаружения близости на борту первого транспортного средства может посылать ЭМ импульсы и РЧ сигналы, которые принимаются вторым блоком обнаружения близости второго транспортного средства. Блок управления второго блока обнаружения близости может определять, насколько далеко первое транспортное средство находится от второго транспортного средства, способом, описанным выше в связи с приемным блоком.

Необязательно, систему можно использовать для обнаружения близости (например, расстояния между) оборудованием и целевым местоположением. Например, транспортные средства могут содержать удлиненные буровые наконечники или другое оборудование, используемое для добычи ресурсов. Систему можно использовать для измерения или иного определения того, насколько далеко оборудование находится от другого оборудования или транспортных средств. Это может помочь предотвратить столкновения между оборудованием, которое может выступать далеко от транспортного средства, и другими транспортными средствами, или столкновения между выступающим оборудованием на разных транспортных средствах. Например, приемопередатчик может быть расположен на внешних концах оборудования, выступающего из транспортного средства, или рядом с ними (например, на конце наконечника бура или рядом с ним). Приемопередатчики или радиомаяки могут быть размещены на других транспортных средствах, другом оборудовании и/или персонале, чтобы гарантировать, что оборудование не столкнется с другими транспортными средствами, оборудованием или персоналами. Кроме того, целевое местоположение может быть обеспечено приемопередатчиком или радиомаяком, а оборудование может быть обеспечено приемопередатчиком или радиомаяком. Затем систему можно использовать для отслеживания того, насколько далеко оборудование (например, наконечник бура) находится от целевого местоположения (идентифицированного местоположения ресурсов, подлежащих добыче).

В некоторых вариантах осуществления РЧ сигнал высокой частоты может представлять собой широкополосную передачу РЧ сигнала высокой частоты, относящуюся к сигналу, который передается в основном по всей области и без конкретного или заданного получателя.

В варианте осуществления предоставлена система транспортного средства.

Система транспортного средства содержит первое транспортное средство, имеющее излучатель, который может излучать РЧ сигнал высокой частоты синхронно с по меньшей мере одним ЭМ импульсом, и приемный блок, расположенный на удалении от первого транспортного средства, при этом приемный блок содержит приемник магнитного поля, РЧ приемопередатчик и модуль обработки, соединенный с РЧ приемопередатчиком и приемником магнитного поля. Приемный блок может принимать РЧ сигнал высокой частоты и по меньшей мере один ЭМ импульс от первого транспортного средства и определять близость первого транспортного средства к приемному блоку. В варианте осуществления РЧ сигнал высокой частоты модулируется идентификатором излучателя/приемопередатчика и/или идентификатором транспортного средства. В варианте осуществления излучатель или идентификатор транспортного средства защищен контрольной суммой. В варианте осуществления по меньшей мере один ЭМ импульс не несет никаких данных. В варианте осуществления близость первого транспортного средства к приемному блоку вычисляется в зависимости от принятой напряженности магнитного поля. В варианте осуществления модуль обработки приемного блока может генерировать оповещение, если определенная близость первого транспортного средства находится в пределах предустановленного диапазона. Оповещение может быть по меньшей мере одним из звукового оповещения, визуального оповещения и/или вибрационного оповещения. В одном варианте осуществления приемный блок может сообщать об определенной

близости обратно первому транспортному средству. В варианте осуществления первое транспортное средство представляет собой транспортное средство, работающее в подземной шахте. В варианте осуществления приемный блок может проверять, что РЧ сигнал и по меньшей мере один ЭМ импульс возникли синхронно.

В другом варианте осуществления предоставлен способ. Способ включает этапы, на которых осуществляется: в первом транспортном средстве синхронное генерирование РЧ сигнала высокой частоты и по меньшей мере одного ЭМ импульса; в приемном блоке прием РЧ сигнала высокой частоты и по меньшей мере одного ЭМ импульса; и в приемном блоке определение расстояния между первым транспортным средством и приемным блоком в зависимости от силы по меньшей мере одного ЭМ импульса, принятого приемным блоком. В варианте осуществления способ может также включать этап, на котором перед генерированием РЧ сигнала высокой частоты и по меньшей мере одного ЭМ импульса проверяют наличие конкурирующей передачи от второго транспортного средства. В варианте осуществления способ может также включать этап проверки в приемном блоке того, что передача РЧ сигнала высокой частоты и по меньшей мере одного ЭМ импульса происходила синхронно. В варианте осуществления способ может также включать этап измерения в приемном блоке продолжительности по меньшей мере одного ЭМ импульса. В варианте осуществления способ также может включать этап модуляции РЧ сигнала высокой частоты вместе с идентификатором приемопередатчика и/или идентификатором транспортного средства. В варианте осуществления приемопередатчик или другой идентификатор транспортного средства защищен контрольной суммой. В варианте осуществления по меньшей мере один ЭМ импульс не несет никаких данных. В варианте осуществления первое транспортное средство представляет собой автономное транспортное средство. В варианте осуществления способ может также включать генерирование в приемном блоке оповещения, если расстояние находится ниже предварительно определенного порога или в пределах предустановленного диапазона. В варианте осуществления способ может дополнительно включать этап сообщения определенного расстояния обратно первому транспортному средству.

Подходящая система может содержать приемный блок, имеющий приемник магнитного поля, РЧ приемопередатчик и модуль обработки, соединенный с РЧ приемопередатчиком и приемником магнитного поля. РЧ приемопередатчик может принимать РЧ сигнал высокой частоты от транспортного средства, удаленного от приемного блока. Приемник магнитного поля может принимать по меньшей мере один ЭМ импульс от транспортного средства. Модуль обработки может проверить, что излучение РЧ сигнала высокой частоты и по меньшей мере одного ЭМ импульса от транспортного средства произошло синхронно. Модуль обработки дополнительно выполнен с возможностью, в ответ на проверку того, что излучение произошло синхронно, обнаружения близости транспортного средства к приемному блоку на основе по меньшей мере одного из РЧ сигнала высокой частоты или по меньшей мере одного ЭМ импульса. Модуль обработки дополнительно выполнен с возможностью, в ответ на проверку того, что излучение не произошло синхронно, отклонения РЧ сигнала высокой частоты и по меньшей мере одного ЭМ импульса для использования при определении близости.

В другом варианте осуществления система содержит первое транспортное средство, имеющее бортовую навигационную систему, которая может определять положение первого транспортного средства в пределах области приема без внешних ссылок, и по меньшей мере один радиомаяк, установленный в местоположении в пределах области приема вдоль маршрута, по которому передвигается первое транспортное средство. По меньшей мере один радиомаяк хранит данные о местоположении по меньшей мере одного радиомаяка в области приема. Первое транспортное средство может беспроводным способом принимать данные о местоположении от по меньшей мере одного радиомаяка, когда первое транспортное средство проезжает в пределах досягаемости по меньшей мере одного радиомаяка. Например, первое транспортное средство и по меньшей мере один радиомаяк могут поддерживать связь по радиоканалу.

В варианте осуществления система содержит первое транспортное средство, имеющее бортовую навигационную систему, которая может определять положение первого транспортного средства в пределах области приема без внешних ссылок, и по меньшей мере один радиомаяк, установленный в местоположении в пределах области приема вдоль маршрута, по которому передвигается первое транспортное средство. По меньшей мере один радиомаяк хранит данные о местоположении по меньшей мере одного радиомаяка в области приема. Первое транспортное средство может принимать данные о местоположении от по меньшей мере одного радиомаяка, когда первое транспортное средство проезжает в пределах досягаемости по меньшей мере одного радиомаяка. Первое транспортное средство содержит приемник и блок управления, электрически соединенный с приемником и навигационной системой. Блок управления может использовать данные о местоположении от по меньшей мере одного радиомаяка, чтобы исключить ошибки в положении первого транспортного средства, определенного навигационной системой. В варианте осуществления навигационная система может определять положение первого транспортного средства посредством счисления пути.

Блок управления системой предотвращения столкновений необязательно может быть включен в систему управления транспортным средством, которая также содержит и/или работает с системой предотвращения столкновений. Блок управления может быть коммуникативно связан с силовой установкой и/или тормозной системой транспортного средства. Например, блок управления может обмениваться

данными и управлять одним или более двигателями, моторами, трансмиссиями, тормозами и т.п. транспортного средства для управления и изменения движения транспортного средства. Блок управления может управлять или изменять движение транспортного средства на основе расстояния одного или более объектов (например, оборудования, целевого местоположения, персоны и/или другого транспортного средства) до транспортного средства, которое слишком мало (например, менее безопасное пороговое расстояние). Например, приемный блок может принимать ЭМ импульс и РЧ сигнал и определять расстояние между транспортным средством и приемным блоком на основе принятого ЭМ импульса и РЧ сигнала. Затем приемный блок может передавать сигнал одному или более приемопередающим устройствам системы управления на основе расстояния. Блок управления может проверить это расстояние и изменить движение транспортного средства (например, чтобы избежать столкновения с другим объектом). Например, если расстояние между транспортным средством и другим объектом слишком короткое и/или уменьшается, блок управления может изменить настройку дроссельной заслонки и/или задействовать тормоза транспортного средства, чтобы замедлить или остановить движение транспортного средства. В качестве другого примера блок управления может изменить направление, в котором движется транспортное средство, чтобы избежать столкновения с другим объектом.

Система предотвращения столкновений транспортных средств необязательно может использовать логику сигнала тревоги о столкновении между транспортными средствами на основе точечного квадранта, чтобы обеспечить решение для предотвращения столкновений между транспортными средствами в окружающей среде. Эта логика может применяться блоками управления и/или модулями обработки, описанными в настоящем документе. Местоположение и/или курс транспортных средств можно определить одним или более различными способами, такими как использование описанных выше ЭМ импульсов и РЧ передач, использование данных, полученных приемниками GPS, вычисление расстояний на основе времени прохождения электромагнитных сигналов (которые отражаются от других объектов, таких как радар), структурированных световых массивов и т.п. В случае другого движущегося транспортного средства модуль обработки может определить курс другого транспортного средства и/или местоположение другого транспортного средства. В случае другого неподвижного транспортного средства модуль обработки может определить местоположение другого транспортного средства (поскольку неподвижное транспортное средство не имеет курса).

Местоположения и/или курсы, определенные модулем обработки, могут быть переданы в блок управления транспортного средства, чтобы определить, следует ли рекомендовать оператору транспортного средства замедлить или остановить движение транспортного средства, и следует ли автоматически замедлить или остановить движение транспортного средства (если оператор не реагирует или не меняет движение транспортного средства в соответствии с предоставленной рекомендацией). Необязательно, блок управления может рекомендовать оператору изменить курс транспортного средства и/или автоматически изменить курс транспортного средства, если оператор не меняет курс. Предоставленные блоком управления рекомендации и/или автоматическое управление могут предотвратить столкновения между транспортным средством с другими объектами (например, с другими транспортными средствами, персонами, оборудованием и т.д.).

Фиг. 5 иллюстрирует один вариант осуществления системы 500 предотвращения столкновений транспортных средств. В одном варианте осуществления система 100 может использоваться в подземной области, в то время как система 500 используется на открытой площадке или области поверхности. В качестве альтернативы система 500 может использоваться в подземной области и может представлять собой систему 100, описанную выше. Система 500 может содержать блок 518 измерения близости, который является одним из описанных выше блоков обнаружения близости на борту транспортного средства 510. Необязательно, блок 518 измерения, показанный на фиг. 5 может представлять собой приемный блок, описанный выше. Блок 518 измерения определяет, находятся ли рядом с транспортным средством 510 другие объекты, так что необходимо изменить движение транспортного средства 510, чтобы избежать столкновения с объектом (объектами). Например, блок 518 измерения может излучать ЭМ импульсы и РЧ сигналы, которые определяются приемным блоком для обнаружения близости других объектов к блоку 518 измерения и, следовательно, к транспортному средству 510, как описано выше. В качестве альтернативы, блок 518 измерения может принимать ЭМ импульсы и/или РЧ сигналы для обнаружения близости других объектов к блоку 518 измерения и, следовательно, к транспортному средству 510, как описано выше. В качестве альтернативы, блок 518 измерения может использовать другой метод, такой как GPS, радар и т.п., для обнаружения близости других объектов к блоку 518 измерения и, следовательно, к транспортному средству 510, как описано выше. Что касается GPS, блок 518 измерения может обмениваться данными с блоками 518 измерения на борту или переносимыми другими объектами, чтобы делиться курсами и/или положениями блоков 518 измерений для обнаружения близости других объектов к блоку 518 измерения и, следовательно, транспортному средству 510.

Блок управления или модуль обработки блока 518 измерения управляет работой блока 518 измерения. Этот блок управления или модуль обработки блока 518 измерения может относиться к контроллеру блока 518 измерения. Контроллер может представлять собой блок управления или модуль обработки. Контроллер может генерировать выходные данные, чтобы предупредить оператора о необходимости за-

медлить движение, остановить движение или изменить направление движения транспортного средства 510 на основе обнаруженной близости других объектов. Необязательно, блок управления может автоматически замедлить движение, остановить движение или изменить направление движения транспортного средства 510 на основе обнаруженной близости других объектов.

Контроллер блока измерения определяет точки защиты вокруг внешней части корпуса транспортного средства 510. Эти точки защиты обозначены на фиг. 5 в качестве передней левой (FL) точки, передней правой (RF) точки, задней левой (RL) точки и задней правой (RR) точки. Точки защиты могут быть определены на основе известных внешних размеров корпуса транспортного средства 510. Например, контроллер может определить точки защиты путем измерения заданных расстояний от центрального местоположения 506 транспортного средства 510 по ортогональным (например, x и y) осям 502, 504. Это центральное местоположение может быть расположено посередине между противоположными концами транспортного средства вдоль оси и посередине между противоположными сторонами транспортного средства вдоль оси. Например, передние точки FL, FR защиты могут быть расположены на том же расстоянии от оси, что и задние точки RL, RR защиты, а правые точки FR, RR защиты могут быть расположены на том же расстоянии от оси 504, что и левые точки FL, RL защиты. Необязательно, контроллер может определить точки защиты на основе заданных расстояний и углов от центра. Например, передняя правая точка FR защиты может находиться на заданном расстоянии под первым углом в направлении против часовой стрелки от оси 502, передняя левая точка FL защиты может находиться на том же или другом заданном расстоянии под тем же первым углом в направлении по часовой стрелке от оси (или под вторым углом, который на девяносто градусов больше, чем первый угол в направлении против часовой стрелки от оси), задняя левая точка RL защиты может находиться на заданном расстоянии под третьим углом в направлении против часовой стрелки от оси, а задняя правая точка RR защиты может находиться на том же или другом заданном расстоянии под тем же первым углом в направлении по часовой стрелке от оси (или под четвертым углом, который на девяносто градусов больше, чем третий угол в направлении по часовой стрелке от оси).

Эти заданные расстояния могут быть увеличены по оси для более длинных

транспортных средств и/или для более широких транспортных средств. Необязательно, заданные углы могут измениться для более длинных и/или более широких транспортных средств. Точки защиты можно определить так, чтобы они находились за пределами внешних поверхностей транспортного средства. Как показано на фиг. 5, передние точки FL, FR защиты могут быть расположены в двухмерной плоскости, которая находится спереди или пересекает наиболее внешнюю поверхность переднего конца транспортного средства. Задние точки RL, RR защиты могут быть расположены в двухмерной плоскости, которая находится спереди или пересекает наиболее внешнюю поверхность противоположной задней части транспортного средства. Точки защиты могут определять внешнюю границу транспортного средства. Вход других объектов в эту внешнюю границу может привести к столкновению с транспортным средством.

Контроллер может определять зоны защиты вокруг транспортного средства на основе местоположения точек защиты и/или скорости, с которой движется транспортное средство. В проиллюстрированном примере вокруг транспортного средства определены три различных типа зон защиты. Эти зоны защиты включают зону 512 обязательного действия, зоны 514 условного действия и зоны 516 изменения бездействия. В качестве альтернативы, может быть определено меньше зон защиты, может быть определено больше зон защиты, может быть определено меньше различных типов зон защиты и/или может быть определено больше различных типов зон защиты. Как описано выше, разные типы зон связаны с разными ответными действиями, которые необходимо предпринять (или не предпринять), если другой объект обнаружен в пределах разных типов зон защиты.

Контроллер может определить зону обязательного действия как область поверхности или трехмерный объем пространства, проходящий впереди переднего конца транспортного средства между передними точками FR, FL защиты, как показано на фиг. 5. Эта область поверхности может быть расположена на поверхности маршрута, по которому передвигается транспортное средство, или может быть параллельна поверхности маршрута, но возвышаться над поверхностью маршрута на заданное расстояние (например, на полметра или другое расстояние). Объем пространства может проходить от поверхности маршрута (или плоскости, параллельной поверхности маршрута) до заданной высоты над поверхностью маршрута, например высоты транспортного средства над поверхностью маршрута (или другой высоты). Контроллер может определить зону принудительного действия, чтобы она проходила впереди транспортного средства до внешних концов линий 524 защиты для остановки, которые описаны ниже.

Контроллер может определить зоны 516 бездействия как области поверхности или трехмерные объемы пространства, проходящие в поперечном направлении наружу от противоположных сторон транспортного средства (относительно направления передвижения 522 транспортного средства), как показано на фиг. 5. Эти области поверхности могут быть расположены на поверхности маршрута, по которому передвигается транспортное средство, или может быть параллельна поверхности маршрута, но возвышаться над поверхностью маршрута на заданное расстояние. Объемы пространства могут проходить от поверхности маршрута (или плоскости, параллельной поверхности маршрута) до заданной высоты над

поверхностью маршрута. Контроллер может определить зоны бездействия наружу от боковых сторон транспортного средства до заданного расстояния, например длины линий защиты для остановки, описанных ниже.

Контроллер может определять зоны условного действия как области поверхности или трехмерные объемы пространства, проходящие вдоль оси от плоскости, включающей передние точки FL, FR защиты (и передний конец плоскости зон бездействия) до расстояний линий защиты для остановки. Контроллер также может определять одну из зон условного действия как область поверхности или трехмерный объем пространства, проходящие вдоль оси от плоскости, включающей левые точки FL, RL защиты до расстояний линий защиты для остановки. Контроллер может определять другую зону условного действия как область поверхности или трехмерный объем пространства, проходящие вдоль оси от плоскости, включающей правые точки FR, RR защиты до расстояний линий защиты для остановки. Зона условного действия, расположенную с правой стороны оси на фиг. 5 можно назвать первым квадрантом или квадрантом один транспортного средства, тогда как другую зону условного действия, расположенную с левой стороны оси на фиг. 5 можно назвать вторым квадрантом или квадрантом два транспортного средства.

Как показано на фиг. 5, зоны защиты не пересекаются друг с другом. В качестве альтернативы, две или более зон защиты могут, по меньшей мере, частично перекрывать друг друга.

В то время как предыдущее описание сосредоточено на заданных расстояниях, которые используются для определения размеров зон защиты, являющихся длинами линий защиты для остановки, в качестве альтернативы, эти заданные расстояния могут быть длинами линий 520 защиты для замедления, которые описаны ниже.

Контроллер может определять линии 524, 520 защиты для остановки и замедления как линии, которые линейно выступают от переднего края транспортного средства в направлениях, параллельных оси, и/или как линии, которые линейно выступают от боковых сторон транспортного средства в направлениях, параллельных оси. Передний край транспортного средства может быть двухмерной плоскостью, включающей передние точки FL, FR защиты, когда автомобиль движется по направлению вперед, или может быть двухмерной плоскостью, включающей задние точки RL, RR защиты, в то время как транспортное средство движется по направлению назад, противоположному указанному направлению. Боковые стороны транспортного средства могут быть двухмерными плоскостями по обеим сторонам транспортного средства, причем одна плоскость включает в себя левые точки FL, RL защиты, а другая плоскость включает правые точки FR, RR защиты.

Например, линии защиты для остановки могут выступать в направлениях, параллельных направлению движения транспортного средства, от передних точек FR, FL защиты на расстояния линий защиты для остановки (описано ниже) при движении транспортного средства вперед. Линии защиты для остановки могут выступать в противоположных направлениях от задних точек RR, RL защиты на расстояние линий защиты для остановки (описано ниже) при движении транспортного средства назад. Дополнительные линии защиты для остановки необязательно могут выступать с одной стороны транспортного средства в направлениях, перпендикулярных направлению движения, от правых точек FR, RR защиты до расстояний линий защиты для остановки. Дополнительные линии защиты для остановки необязательно могут выступать с другой стороны транспортного средства в направлениях, перпендикулярных направлению движения, от левых точек FL, RL защиты до расстояний линий защиты для остановки.

Линии защиты для замедления могут выступать в направлениях, параллельных направлению движения транспортного средства, от передних точек FR, FL защиты на расстояния линий защиты для замедления (описано ниже) при движении транспортного средства вперед. Линии защиты для замедления могут выступать в противоположных направлениях от задних точек RR, RL защиты на расстояние линий защиты для замедления (описано ниже) при движении транспортного средства назад. Дополнительные линии защиты для замедления необязательно могут выступать с одной стороны транспортного средства в направлениях, перпендикулярных направлению движения, от правых точек FR, RR защиты до расстояний линий защиты для замедления. Дополнительные линии защиты для замедления необязательно могут выступать с другой стороны транспортного средства в направлениях, перпендикулярных направлению движения, от левых точек FL, RL защиты до расстояний линий защиты для замедления.

Контроллер может определять длины или расстояния линий защиты, по меньшей мере частично, на основе скорости движения транспортного средства. Линии защиты могут быть длиннее для более высоких скоростей движения транспортного средства и короче для более низких скоростей движения транспортного средства. В одном варианте осуществления длина линий защиты, по меньшей мере, частично зависит от расстояния остановки транспортного средства. Например, расстояние (sd) остановки транспортного средства может быть определено контроллером на основе:

$$sd = vt + \frac{v^2}{2g(\text{коэффициент трения} + \text{уклон})(\text{коэффициент торможения})}$$

где v представляет собой скорость движения транспортного средства, t - время для остановки транспортного средства, g - ускорение свободного падения и (коэффициент трения + уклон) представляет собой комбинированное значение коэффициента трения и уклона, по которому движется транспортное

средство, а коэффициент торможения - это коэффициент торможения транспортного средства (например, отношение тормозной силы к весу транспортного средства). В качестве альтернативы расстояние торможения может иметь определенное заданное значение, которое не вычисляется, но получается из нескольких разных расстояний, связанных с разными скоростями движения транспортного средства (например, расстояния остановки по умолчанию для разных скоростей транспортного средства).

Длина или расстояние линий защиты для остановки может быть равно длине расстояния остановки в одном варианте осуществления. В качестве альтернативы длина или расстояние линий защиты для остановки может составлять процент от расстояния остановки, например 125%, 110%, 90% и т.п. от расстояния остановки. Длина линий защиты для замедления может быть равна двум длинам расстояния остановки в одном варианте осуществления. В качестве альтернативы длина или расстояние линий защиты для замедления может составлять другой процент от расстояния остановки, например 225%, 210%, 190% и т.п. от расстояния остановки. Как показано на фиг. 5, линии защиты для замедления проходят дальше от транспортного средства, чем линии защиты для остановки.

Контроллеры блоков обнаружения на других транспортных средствах могут аналогичным образом идентифицировать или определять линии 524 защиты и/или зоны 512, 514, 516 защиты. Поскольку транспортные средства могут быть разных размеров и/или двигаться с разными скоростями, линии 524 и/или зоны 512, 514, 516 защиты для разных транспортных средств могут иметь разные размеры и/или формы. Размеры и/или формы линий 524 и/или зон 512, 514, 516 защиты для транспортного средства могут динамически изменяться (контроллером транспортного средства) в связи с изменением скоростей транспортного средства.

Линии и/или зоны защиты, определенные контроллерами, могут быть контролируемыми линиями или зонами, а не материальными объектами. Например, линия и/или зона защиты могут определять пространственные местоположения, которые контролируются для других объектов контроллером, чтобы избежать столкновения с транспортным средством.

Контроллеры различных блоков обнаружения могут обмениваться данными линий и/или зон защиты друг с другом. Например, контроллеры на разных транспортных средствах могут передавать линии и/или зоны защиты для соответствующего транспортного средства на контроллер одного или более других транспортных средств. Необязательно, контроллеры на разных транспортных средствах могут вещать линии и/или зоны защиты для соответствующего транспортного средства на контроллеры других транспортных средств. В другом примере контроллеры на борту разных транспортных средств могут передавать линии и/или зоны защиты для соответствующего транспортного средства в центральную память или базу данных, к которым имеют доступ контроллеры других транспортных средств.

Контроллер первого транспортного средства может контролировать местоположение других транспортных средств относительно первого транспортного средства, используя линии и/или зоны защиты. Первое транспортное средство может называться транспортным средством, проходящим испытания, а другие транспортные средства могут называться контролируемыми транспортными средствами. Например, в ответ на обнаружение того, что линия защиты и/или зона защиты контролируемого транспортного средства пересекается, входит и/или перекрывается с линией защиты и/или зоной защиты испытываемого транспортного средства, контроллер испытываемого транспортного средства может дать указание оператору испытываемого транспортного средства изменить движение испытываемого транспортного средства или может автоматически изменить движение испытываемого транспортного средства, чтобы избежать столкновения с контролируемым транспортным средством. Это изменение движения может заключаться в замедлении или остановке испытываемого транспортного средства, изменении направления, в котором движется испытываемое транспортное средство, и/или указании контролируемому транспортному средству изменить движение.

Фиг. 6 иллюстрирует один пример работы системы предотвращения столкновений. На фиг. 6 показаны первое, второе и третье транспортных средства 600, 602, 604, причем каждое транспортное средство представляет одно из транспортных средств, показанных на фиг. 5. Первое транспортное средство 600 может быть испытываемым, а остальные транспортные средства - контролируемыми транспортными средствами. Первое транспортное средство может двигаться в первом направлении передвижения 606, а второе транспортное средство 602 может двигаться в другом, втором направлении передвижения 608. Линии защиты для замедления и остановки транспортных средств показаны на фиг. 6.

Контроллер первого транспортного средства контролирует зоны 512, 514 защиты, чтобы определить, входят ли в эти зоны какие-либо другие транспортные средства, или линия или зона защиты другого транспортного средства. Контроллер определяет, пересекает ли какая-либо зона защиты или линия защиты других транспортных средств, проходит поверх, входит или хотя бы частично перекрывает первый или второй квадрант первого транспортного средства. Первый квадрант представляет собой переднюю правую условную зону защиты, а второй квадрант представляет собой переднюю левую условную зону защиты, как описано выше.

Контроллер первого транспортного средства может дать инструкцию оператору первого транспортного средства остановить движение первого транспортного средства или может автоматически остановить движение первого транспортного средства в ответ на любую линию защиты для остановки первого

транспортного средства, пересекающую или проходящую через любую линию защиты для остановки другого транспортного средства. Но, контроллер первого транспортного средства может дать инструкцию оператору первого транспортного средства замедлить движение первого транспортного средства или может автоматически замедлить движение первого транспортного средства в ответ на любую линию защиты для замедления первого транспортного средства, пересекающую или проходящую через любую линию защиты для остановки или любую линию защиты для замедления другого транспортного средства. Если контроллер определяет, что любая линия защиты для остановки пересекает или проходит линии защиты для замедления другого транспортного средства, то контроллер первого транспортного средства не может давать инструкцию оператору замедлить или остановить движение первого транспортного средства, а контроллер первого транспортного средства может автоматически не замедлять или не останавливать движение первого транспортного средства.

В проиллюстрированном примере линия защиты для остановки первого транспортного средства с правой стороны первого транспортного средства пересекает линию защиты для замедления с правой стороны третьего транспортного средства. В ответ на обнаружение этого пересечения контроллер первого транспортного средства может дать инструкцию оператору остановить движение первого транспортного средства или может автоматически остановить движение первого транспортного средства. Или контроллер первого транспортного средства может дать инструкции оператору остановить движение первого транспортного средства и может автоматически остановить движение первого транспортного средства в ответ на то, что оператор не остановит первое транспортное средство в течение заданного предела времени или предела расстояния.

Дополнительно, контроллер первого транспортного средства может определить, что линия 520 защиты для замедления с левой стороны первого транспортного средства пересекает линию 520 защиты для замедления с левой стороны транспортного средства 602. В ответ на обнаружение этого пересечения контроллер может дать инструкцию оператору замедлить движение первого транспортного средства или может автоматически замедлить движение первого транспортного средства. Или контроллер первого транспортного средства может дать инструкции оператору замедлить движение первого транспортного средства и может автоматически замедлить движение первого транспортного средства в ответ на то, что оператор не замедлит первое транспортное средство до по меньшей мере заданной скорости в течение заданного предела времени или предела расстояния.

Фиг. 7 иллюстрирует другой пример работы системы предотвращения столкновений. Контроллер первого транспортного средства может определить, входит ли какая-либо точка FR, FL, RR, RL защиты одного из вторых или третьих транспортных средств в любую из зон защиты первого транспортного средства или пересекает ее. В ответ на определение того, что линия 520, 524 защиты или зона 512, 514 защиты другого транспортного средства входит в зону защиты первого транспортного средства, контроллер может вычислить расстояние сближения x между транспортными средствами.

Это расстояние сближения x может быть кратчайшим линейным расстоянием между любой из передних точек FR, FL защиты второго и третьего транспортных средств и двухмерной вертикальной плоскостью, которая включает передние точки FR, FL защиты первого транспортного средства. Необязательно, это расстояние сближения x может быть кратчайшим линейным расстоянием между любой из задних точек RR, RL защиты второго и третьего транспортных средств и двухмерной вертикальной плоскостью, которая включает передние точки FR, FL защиты первого транспортного средства, если первое транспортное средство приближается к заднему концу второго или третьего транспортного средства и/или это транспортное средство дает задний ход. В другом примере это расстояние сближения x может быть кратчайшим линейным расстоянием между любой из передних точек RR, RL защиты транспортного средства 602, 604 и двухмерной вертикальной плоскостью, которая включает задние точки RR, RL защиты первого транспортного средства, если первое транспортное средство дает задний ход или приближается к заднему концу первого транспортного средства.

Контроллер может дать инструкцию оператору остановить движение первого транспортного средства (и автоматически остановить движение, если оператор не реагирует в пределах времени или расстояния) в ответ на то, что расстояние сближения x меньше заданного предела остановки $L_{\text{остановки}}$, где

$$L_{\text{остановки}} = sd_t + \cos(\text{отн курс}) * sd_m$$

где sd_t представляет собой расстояние остановки испытуемого первого транспортного средства, sd_m - расстояние остановки другого транспортного средства, а отн. курс представляет собой относительный курс другого транспортного средства по отношению к первому транспортному средству. Относительный курс может представлять собой угол между курсами первого транспортного средства и другого контролируемого транспортного средства. Расстояния остановки sd_t и sd_m транспортных средств могут быть длинами соответствующих линий защиты для остановки.

Контроллер может дать инструкцию оператору замедлить движение первого транспортного средства (и автоматически замедлить движение, если оператор не реагирует в пределах времени или расстояния) в ответ на то, что расстояние сближения x меньше заданного предела замедления $L_{\text{замедления}}$, где

$$L_{\text{замедления}} = sld_t + \cos(\text{отн курс}) * sld_m$$

где sld_i представляет собой расстояние замедления испытуемого первого транспортного средства, sld_m - расстояние замедления контролируемого другого транспортного средства, а отн. курс представляет собой относительный курс другого транспортного средства по отношению к первому транспортному средству. Расстояния замедления sld_i и sld_m транспортных средств могут быть длинами соответствующих линий защиты для замедления.

Если расстояние сближения x меньше предела замедления $L_{\text{замедления}}$, то контроллер перенаправляет и/или автоматически замедляет движение первого транспортного средства. Если расстояние сближения x меньше предела остановки $L_{\text{остановки}}$, то контроллер перенаправляет и/или автоматически останавливает движение первого транспортного средства.

Фиг. 8 иллюстрирует другой пример работы системы предотвращения столкновений. Контроллер первого транспортного средства может определить, пересекает ли линия защиты первого транспортного средства корпус другого транспортного средства. Контроллер может сделать это определение, решив, пересекают ли линии защиты для замедления или остановки первого транспортного средства двухмерную плоскость 800, которая включает обе точки защиты транспортного средства 602 на одной стороне второго транспортного средства. Например, контроллер может идентифицировать одну сторону второго транспортного средства как вертикальную плоскость, которая включает левые точки FL, RL защиты второго транспортного средства (как показано на фиг. 8) и/или другую сторону второго транспортного средства как другую вертикальную плоскость, которая включает правые точки FR, RR защиты второго транспортного средства.

Контроллер первого транспортного средства может определить, пересекают ли линии защиты для замедления или остановки первого транспортного средства эту плоскость между точками защиты на одной стороне второго транспортного средства. Если линия защиты для замедления первого транспортного средства пересекает эту плоскость второго транспортного средства, то контроллер первого транспортного средства может дать инструкцию оператору замедлить движение первого транспортного средства (и автоматически замедлить движение, если оператор не реагирует в течение предела времени или расстояния). Если линия защиты для остановки первого транспортного средства пересекает эту плоскость второго транспортного средства, то контроллер первого транспортного средства может дать инструкцию оператору остановить движение первого транспортного средства (и автоматически остановить движение, если оператор не реагирует в течение предела времени или расстояния). В проиллюстрированном примере контроллер определяет, что линия защиты для замедления пересекает боковую плоскость 800 второго транспортного средства. Соответственно, контроллер указывает оператору замедлить движение первого транспортного средства (и автоматически замедляет движение, если оператор не реагирует в течение предела времени или расстояния).

Фиг. 9А и 9В иллюстрируют блок-схему одного варианта осуществления способа 900 предотвращения столкновений между транспортными средствами. Способ 900 может представлять операции, выполняемые описанными в настоящем документе блоками обнаружения. Хотя способ 900 описан как используемый для предотвращения столкновения между транспортными средствами, способ 900 также может использоваться для предотвращения столкновения между другими типами транспортных средств, между транспортным средством и нетранспортным объектом и т. п. Кроме того, способ 900 описывается как последовательность решений для определения необходимости реализации ответных действий для избегания столкновений. Но решения могут быть выполнены в последовательности, отличной от последовательности, показанной на блок-схеме. Решения могут выполняться параллельно и/или одновременно, а не последовательно в другом варианте осуществления.

В 902 определяются линии и зоны защиты испытуемого транспортного средства. Контроллер может идентифицировать линии защиты для замедления и остановки испытуемого автомобиля, а также обязательные, условные и/или бездейственные зоны испытуемого автомобиля. На этапе 904 определяются линии и/или точки защиты одного или более других транспортных средств. Например, точки и линии защиты контролируемых транспортных средств идентифицируются, как описано выше. На этапе 906 отслеживается близость одного или более контролируемых транспортных средств. Блок обнаружения может контролировать, насколько близко точки и/или линии защиты находятся от линий и/или зон защиты испытуемого транспортного средства.

На этапе 908 выполняется определение того, пересекает ли линия защиты для остановки испытуемого транспортного средства линию защиты для остановки контролируемого транспортного средства. Если обнаружено такое пересечение линий защиты для остановки, то транспортным средствам может угрожать неминуемое столкновение. В результате поток способа 900 может перейти к этапу 910. В противном случае транспортным средствам может не угрожать неизбежное столкновение и поток способа 900 может перейти к этапу 912.

На этапе 910 испытуемое транспортное средство останавливается вручную или автоматически. Контроллер может инструктировать оператора испытуемого транспортного средства через устройство вывода (например, громкоговоритель, источник света, дисплей и т.п.) остановить движение испытуемого транспортного средства. В качестве альтернативы контроллер может автоматически остановить движение испытуемого транспортного средства без вмешательства оператора. В другом варианте осуществле-

ния контроллер может изменять движение испытываемого транспортного средства, например, путем изменения курса испытываемого транспортного средства, чтобы избежать столкновения с контролируемым транспортным средством. Затем поток способа 900 может вернуться к этапу 906, чтобы продолжить отслеживание близости других транспортных средств, или способ 900 может завершиться.

Возвращаясь к решению, принятому на этапе 908, если линия защиты для остановки испытываемого транспортного средства не пересекает линию защиты для остановки контролируемого транспортного средства, то на этапе 912 выполняется определение того, пересекает ли линия защиты для замедления испытываемого транспортного средства линию защиты для остановки или замедления контролируемого транспортного средства. Если линия защиты для замедления испытываемого транспортного средства пересекает линию защиты для остановки или замедления контролируемого транспортного средства, то испытываемое и контролируемое транспортные средства могут двигаться к возможному столкновению. В результате поток способа 900 может перейти к этапу 914. В противном случае транспортные средства могут не двигаться к столкновению, и поток способа 900 может перейти к этапу 916.

На этапе 914 испытываемое транспортное средство замедляется вручную или автоматически. Контроллер может инструктировать оператора испытываемого транспортного средства через устройство вывода замедлить движение испытываемого транспортного средства. В качестве альтернативы контроллер может автоматически замедлить движение испытываемого транспортного средства без вмешательства оператора. В другом варианте осуществления контроллер может изменять движение испытываемого транспортного средства, например, путем изменения курса испытываемого транспортного средства, чтобы избежать столкновения с контролируемым транспортным средством. Затем поток способа 900 может вернуться к этапу 906, чтобы продолжить отслеживание близости других транспортных средств, или способ 900 может завершиться.

Возвращаясь к решению, принятому на этапе 912, если линия защиты для замедления испытываемого транспортного средства не пересекает линию защиты контролируемого транспортного средства, то на этапе 916 выполняется определение того, пересекает ли линия защиты для остановки испытываемого транспортного средства линию защиты для замедления контролируемого транспортного средства. Если линия защиты для остановки испытываемого транспортного средства пересекает линию защиты для замедления контролируемого транспортного средства, то испытываемое и контролируемое транспортные средства могут оказаться недостаточно близко друг к другу, чтобы создать риск столкновения. В результате поток способа 900 может перейти к этапу 918. В противном случае, в результате поток способа 900 может перейти к этапу 920 (фиг. 9В).

На этапе 918 не предпринимается никаких ответных действий для изменения движения испытываемого автомобиля. Например, испытываемое и контролируемое транспортные средства могут не подвергаться риску столкновения, поэтому движение испытываемого транспортного средства может продолжаться без замедления испытываемого транспортного средства, остановки испытываемого транспортного средства или изменения курса испытываемого транспортного средства. Затем поток способа 900 может вернуться к этапу 906, чтобы продолжить отслеживание близости других транспортных средств, или способ 900 может завершиться.

На этапе 920 выполняется определение того, находится ли какая-либо точка защиты контролируемого транспортного средства в пределах зоны защиты испытываемого транспортного средства. Например, контроллер испытываемого транспортного средства может определить, находится ли какая-либо из точек защиты FR, FL, RR, RL контролируемого транспортного средства в пределах какой-либо зоны 512, 514 условной или обязательной защиты испытываемого транспортного средства. Если точка защиты находится в пределах одной из этих зон защиты, транспортным средствам может угрожать неминуемое столкновение. В результате поток способа 900 может перейти к этапу 922. Если точка защиты не находится в пределах одной из этих зон защиты, транспортным средствам может не угрожать неминуемое столкновение. В результате поток способа 900 может перейти к этапу 928.

На этапе 922 определяется расстояние сближения между испытываемым и контролируемым транспортным средством вместе с относительным курсом транспортных средств, как описано выше. На этапе 924 определяется, меньше ли это расстояние сближения предела остановки испытываемого транспортного средства. Если расстояние сближения меньше предела остановки, то транспортным средствам может угрожать неминуемое столкновение. В результате поток способа 900 может перейти к этапу 910 для остановки движения испытываемого транспортного средства, как описано выше. В противном случае транспортным средствам может не угрожать неизбежное столкновение, и поток способа 900 может перейти к этапу 926.

На этапе 926 определяется, меньше ли это расстояние сближения предела замедления испытываемого транспортного средства. Если расстояние сближения меньше предела замедления, то транспортные средства могут приближаться к возможному столкновению. В результате поток способа 900 может перейти к этапу 914 для замедления движения испытываемого транспортного средства, как описано выше. В противном случае транспортные средства могут не двигаться к столкновению и поток способа 900 может перейти к этапу 918, описанному выше.

Возвращаясь к описанию решения, принятого на этапе 920, если ни одна точка защиты контроли-

руемого транспортного средства не находится в пределах зоны защиты испытываемого транспортного средства, то поток способа 900 может перейти к этапу 928. На этапе 928 выполняется определение того, пересекает ли линия защиты для остановки испытываемого транспортного средства корпус контролируемого транспортного средства. Например, контроллер может определить, пересекает ли линия защиты для остановки испытываемого транспортного средства плоскость, проходящую от передней и задней точек защиты на той же стороне контролируемого транспортного средства и включающую их. Если линия защиты для остановки проходит или пересекает эту плоскость, то транспортным средствам может угрожать неминуемое столкновение. В результате поток способа 900 может перейти к этапу 910 для остановки движения испытываемого транспортного средства, как описано выше. Если линия защиты для остановки испытываемого транспортного средства не проходит или пересекает эту плоскость, то транспортным средствам может не угрожать неминуемое столкновение, но может быть движение к столкновению. В результате поток способа 900 может перейти к этапу 930.

На этапе 930 выполняется определение того, пересекает ли линия защиты для замедления испытываемого транспортного средства корпус контролируемого транспортного средства. Например, контроллер может определить, пересекает ли линия защиты для остановки испытываемого транспортного средства плоскость, проходящую от передней и задней точек защиты на той же стороне контролируемого транспортного средства и включающую их. Если линия защиты для замедления проходит или пересекает эту плоскость, то транспортные средства могут двигаться к столкновению. В результате поток способа 900 может перейти к этапу 914 для замедления движения испытываемого транспортного средства, как описано выше. Если линия защиты для замедления испытываемого транспортного средства не проходит или пересекает эту плоскость, то, возможно, транспортные средства не движутся к столкновению. В результате поток способа 900 может перейти к этапу 918.

Описанные в настоящем документе варианты осуществления систем и способов предотвращения столкновений могут уменьшить или устранить количество ложных сигналов тревоги по сравнению с некоторыми известными системами предотвращения столкновений. Описанные в настоящем документе системы предотвращения столкновений могут уменьшить количество ложных сигналов тревоги за счет определения линий защиты в направлении движения испытываемого транспортного средства и определения условных и обязательных зон защиты для замедления и остановки вокруг точек защиты транспортного средства. Контроллер может остановить транспортное средство в крайнем случае, но может использовать раннее обнаружение опасности столкновения для замедления транспортного средства перед остановкой движения транспортного средства. Контроллер может определять зоны замедления или остановки вокруг транспортного средства, чтобы можно было уменьшить количество ненужных сигналов тревоги в зависимости от положения и курса другого транспортного средства.

В одном варианте осуществления система предотвращения столкновений дополнительно включает или взаимодействует с картой статических элементов. Это может дополнить функциональность, предназначенную для предотвращения столкновения транспортного средства с другим подвижным объектом. Например, если транспортное средство работает в области, имеющей техногенное сооружение или естественный рельеф местности, маршрут может быть спланирован с учетом известного местоположения объекта. Искусственные предметы могут включать стену, бордюр, здание, столб, мост, опоры линий электропередач и другие постоянные или полупостоянные объекты, составляющие инфраструктуру. Естественные особенности рельефа могут включать реки, холмы, скалы, песчаные отмели и т.п. В связи с этим маршрут может быть ограничен транспортной средой в том смысле, что для автомобиля может потребоваться дорога в качестве маршрута, а для локомотива могут потребоваться рельсы. Вычисления, которые определяют расстояние остановки и замедления, могут включать в себя такую информацию, как: загруженное или разгруженное состояние транспортного средства, состояние колес, состояние маршрута, уклон маршрута и т.п.

В одном варианте осуществления система управления транспортным средством содержит блок управления, который может быть расположен на борту транспортного средства для управления движением транспортного средства, и одно или более приемопередающих устройств, которые могут излучать электромагнитный (ЭМ) импульс и радиочастотный (РЧ) сигнал от транспортного средства. Одно или более приемопередающих устройств могут излучать РЧ сигнал с идентификатором транспортного средства, включенным в РЧ сигнал. В ответ на приемный блок, расположенный за бортом транспортного средства в шахте, принимающий ЭМ импульс и РЧ сигнал, блок управления может определить расстояние между транспортным средством и приемным блоком на основе принятого ЭМ импульса и РЧ сигнала, и передавать сигнал одному или более приемопередающим устройствам в зависимости от расстояния. Блок управления также может изменять движение транспортного средства в зависимости от расстояния.

Необязательно, блок управления может выполнять одно или более из следующих действий: замедлять движение транспортного средства, останавливать движение транспортного средства или изменять направление движения транспортного средства на основе сигнала, принятого от приемного блока. Одно или более приемопередающих устройств могут принимать сигнал от приемного блока, расположенного на борту другого транспортного средства. Одно или более приемопередающих устройств могут принимать сигнал от приемного устройства, которое несет персона, находящаяся в шахте.

В одном варианте осуществления система управления транспортным средством содержит блок обнаружения, который может определять близость контролируемого транспортного средства к первому транспортному средству, и контроллер, который может определять первые линии защиты, которые линейно выступают из первого транспортного средства, и вторые линии защиты, которые линейно выступают из контролируемого транспортного средства. Первые линии защиты определяются на основе скорости движения первого транспортного средства. Вторые линии защиты определяются на основе скорости движения контролируемого транспортного средства. Контроллер может дать указание первому транспортному средству изменить движение первого транспортного средства в ответ на пересечение одной или более первых линий защиты с одной или более вторыми линиями защиты.

Необязательно, первые линии защиты, которые определены, могут содержать более длинные первые линии защиты для замедления и более короткие первые линии защиты для остановки. Вторые линии защиты, которые определены, могут содержать более длинные вторые линии защиты для замедления и более короткие вторые линии защиты для остановки. Контроллер может дать указание первому транспортному средству остановить движение первого транспортного средства в ответ на обнаружение пересечения по меньшей мере одной из первых линий защиты для остановки с по меньшей мере одной из вторых линий защиты для остановки. Контроллер может дать указание первому транспортному средству замедлить движение первого транспортного средства в ответ на обнаружение пересечения по меньшей мере одной из первых линий защиты для замедления с любой из вторых линий защиты для замедления или вторых линий защиты для остановки.

Контроллер может определять вторые линии защиты как линейно проходящие от точек защиты, связанных с корпусом контролируемого транспортного средства, и контроллер может определять зоны защиты за пределами первого транспортного средства и проходящие между первыми линиями защиты. Контроллер может определить, входят ли одна или более точек защиты контролируемого транспортного средства в одну или более зон защиты первого транспортного средства. Контроллер может определять расстояние сближения контролируемого транспортного средства и относительный курс между первым транспортным средством и контролируемым транспортным средством в ответ на определение того, что одна или более точек защиты контролируемого транспортного средства вошли в одну или более зон защиты первого транспортного средства. Контроллер может дать указание первому транспортному средству замедлить или остановить движение первого транспортного средства на основе расстояния сближения, относительного курса и одного или более из пределов остановки или замедления испытываемого транспортного средства.

В одном варианте осуществления предоставлен способ предотвращения столкновения между транспортными средствами. Способ включает определение близости контролируемого транспортного средства к первому транспортному средству и определение первых линий защиты, которые линейно выступают из первого транспортного средства. Первые линии защиты определяются на основе скорости движения первого транспортного средства. Способ также включает определение вторых линий защиты, которые линейно выступают из контролируемого транспортного средства. Вторые линии защиты определяются на основе скорости движения контролируемого транспортного средства. Способ также включает изменение движения первого транспортного средства в ответ на пересечение одной или более первых линий защиты с одной или более вторыми линиями защиты.

Необязательно, определение первых линий защиты может включать определение более длинных первых линий защиты для замедления и более коротких первых линий защиты для остановки. Определение вторых линий защиты может включать определение более длинных вторых линий защиты для замедления и более коротких вторых линий защиты для остановки. Изменение движения первого транспортного средства может включать остановку движения первого транспортного средства в ответ на обнаружение пересечения по меньшей мере одной из первых линий защиты для остановки с по меньшей мере одной из вторых линий защиты для остановки.

Изменение движения первого транспортного средства может включать замедление движения первого транспортного средства в ответ на обнаружение пересечения по меньшей мере одной из первых линий защиты для замедления с любой из вторых линий защиты для замедления или вторых линий защиты для остановки. Определение вторых линий защиты может включать определение линейных проекций вторых линий защиты, которые проходят от точек защиты, связанных с корпусом контролируемого транспортного средства. Способ необязательно может включать определение зон защиты за пределами первого транспортного средства и проходящих между первыми линиями защиты. Способ также может включать определение, входят ли одна или более точек защиты контролируемого транспортного средства в одну или более зон защиты первого транспортного средства.

Необязательно, способ включает определение расстояния сближения контролируемого транспортного средства и относительный курс между первым транспортным средством и контролируемым транспортным средством в ответ на определение того, что одна или более точек защиты контролируемого транспортного средства вошли в одну или более зон защиты первого транспортного средства. Изменение движения первого транспортного средства может включать замедление или остановку движения первого транспортного средства на основе расстояния сближения, относительного курса и одного или более из

пределов остановки или замедления первого транспортного средства.

В одном варианте осуществления система управления транспортным средством содержит блок обнаружения, который может определять близость контролируемого транспортного средства к первому транспортному средству, и контроллер, который может определять первые линии защиты, которые линейно выступают из первого транспортного средства, и вторые линии защиты, которые линейно выступают из контролируемого транспортного средства. Первые линии защиты определяются на основе скорости движения первого транспортного средства. Вторые линии защиты определяются на основе скорости движения контролируемого транспортного средства. Контроллер может дать указание первому транспортному средству изменить движение первого транспортного средства в ответ на пересечение одной или более первых линий защиты с одной или более вторыми линиями защиты.

В одном варианте осуществления предоставлен способ предотвращения столкновения между транспортными средствами. Способ включает определение близости контролируемого транспортного средства к первому транспортному средству и определение первых линий защиты, которые линейно выступают из первого транспортного средства. Первые линии защиты определяются на основе скорости движения первого транспортного средства. Способ включает определение вторых линий защиты, которые линейно выступают из контролируемого транспортного средства. Вторые линии защиты определяются на основе скорости движения контролируемого транспортного средства. Способ включает изменение движения первого транспортного средства в ответ на пересечение одной или более первых линий защиты с одной или более вторыми линиями защиты.

В варианте осуществления система содержит транспортное средство, имеющее излучатель, который может излучать РЧ сигнал высокой частоты синхронно по меньшей мере с одним ЭМ импульсом. Система содержит приемный блок, расположенный на удалении от автомобиля. Приемный блок содержит приемник магнитного поля, РЧ приемопередатчик и модуль обработки, соединенный с РЧ приемопередатчиком и приемником магнитного поля. Приемный блок может принимать РЧ сигнал высокой частоты и по меньшей мере один ЭМ импульс от транспортного средства и определять близость транспортного средства к приемному блоку на основе по меньшей мере одного из РЧ сигнала высокой частоты или по меньшей мере одного ЭМ импульса.

В варианте осуществления способ включает излучение РЧ сигнала высокой частоты синхронно с по меньшей мере одним ЭМ импульсом с помощью излучателя на борту первого транспортного средства. Способ дополнительно включает с помощью приемного блока, расположенного на удалении от первого транспортного средства (приемный блок содержит приемник магнитного поля, РЧ приемопередатчик и модуль обработки, соединенный с РЧ приемопередатчиком и приемником магнитного поля), прием РЧ сигнала высокой частоты и по меньшей мере одного ЭМ импульса от первого транспортного средства. Способ дополнительно включает, с помощью приемного блока, определение близости между первым транспортным средством и приемным блоком на основе по меньшей мере одного из РЧ сигнала высокой частоты или ЭМ импульса.

В варианте осуществления система содержит приемный блок, имеющий приемник магнитного поля, РЧ приемопередатчик и модуль обработки, соединенный с РЧ приемопередатчиком и приемником магнитного поля. РЧ приемопередатчик может принимать РЧ сигнал высокой частоты от транспортного средства, удаленного от приемного блока. Приемник магнитного поля может принимать по меньшей мере один ЭМ импульс от транспортного средства. Модуль обработки может проверить, что излучение РЧ сигнала высокой частоты и по меньшей мере одного ЭМ импульса от транспортного средства произошло синхронно. Модуль обработки дополнительно выполнен с возможностью, в ответ на проверку того, что излучение произошло синхронно, обнаружения близости транспортного средства к приемному блоку на основе по меньшей мере одного из РЧ сигнала высокой частоты или по меньшей мере одного ЭМ импульса. Модуль обработки может, в ответ на проверку того, что излучение не произошло синхронно, отклонить РЧ сигнал высокой частоты и по меньшей мере один ЭМ импульс для использования при определении близости.

В варианте осуществления система содержит транспортное средство, имеющее бортовую навигационную систему, которая может определять положение транспортного средства в пределах области приема без внешних ссылок. Система также содержит по меньшей мере один радиомаяк, расположенный в местоположении в пределах области приема вдоль маршрута, по которому передвигается транспортное средство. По меньшей мере один радиомаяк хранит данные о местоположении по меньшей мере одного радиомаяка в области приема. Транспортное средство может беспроводным способом принимать данные о местоположении от по меньшей мере одного радиомаяка, когда транспортное средство проезжает в пределах досягаемости по меньшей мере одного радиомаяка.

Фиг. 10 иллюстрирует другой вариант осуществления работы системы предотвращения столкновений транспортных средств, описанной выше. Контроллер может быть расположен на борту первой системы 600 транспортного средства (также называемой локальным объектом или LO) и может прогнозировать или вычислять предстоящую область 1000 пересечения предполагаемых путей первой системы транспортного средства и второй системы 602 транспортного средства (также называемой как удаленный объект или RO). Предстоящая область пересечения может основываться на текущих движениях и место-

положениях первой системы транспортного средства и второй системы транспортного средства. Область пересечения может представлять собой область на поверхности, по которой движутся первая и вторая системы транспортных средств, по которой обе системы транспортных средств будут двигаться, если системы транспортных средств продолжат движение по текущим курсам или путям. Размер области пересечения может быть произведением ширины транспортных систем.

Контроллер может спрогнозировать, где расположена область пересечения, вычислив расстояние 1002 досягаемости первой системы транспортного средства ("Расстояние досягаемости LO" на фиг. 10). Расстояние досягаемости вычисляется как расстояние от переднего края 1004 первой системы транспортного средства до области пересечения. В одном варианте осуществления расстояние досягаемости вычисляется как расстояние (например, кратчайшее расстояние) между точкой защиты первой системы транспортного средства и областью пересечения. Точкой защиты может быть передняя точка защиты (передняя правая FR или передняя левая FL точка защиты, как описано выше), которая находится ближе ко второй системе транспортного средства, чем другая передняя точка защиты. В примере, показанном на фиг. 10, точка защиты, используемая контроллером первой системы транспортного средства для вычисления расстояния досягаемости LO, является FR точкой защиты, поскольку вторая система транспортного средства находится с правой стороны от первой системы транспортного средства.

Контроллер первой системы транспортного средства необязательно может вычислять расстояние 1006 досягаемости второй системы транспортного средства ("Расстояние досягаемости RO" на фиг. 10). Расстояние досягаемости RO может быть вычислено или оценено как расстояние (например, кратчайшее расстояние) между точкой защиты второй системы транспортного средства и областью пересечения. Как и расстояние досягаемости LO, расстояние досягаемости RO можно вычислить как кратчайшее расстояние от точки защиты FR или FL второй системы транспортного средства (например, ближайшая точка защиты к первой системе транспортного средства и области пересечения).

Контроллер первой системы транспортного средства может необязательно вычислять относительное расстояние 1008 досягаемости для первой системы транспортного средства ("Относительное расстояние досягаемости LO" на фиг. 10). Относительное расстояние досягаемости для первой системы транспортного средства может представлять собой расстояние, которое пройдет первая система транспортного средства, прежде чем вторая система транспортного средства достигнет области пересечения. В одном варианте осуществления относительное расстояние досягаемости можно вычислить как произведение скорости первой системы транспортного средства и времени до того, как вторая система транспортного средства достигнет области пересечения. Время до того, как вторая система транспортного средства достигнет области пересечения, может быть оценено или вычислено контроллером как расстояние досягаемости RO, деленное на скорость второй системы транспортного средства.

Контроллер может вычислять расстояние 1010 сближения второй системы транспортного средства ("Расстояние досягаемости LO" на фиг. 10). Свободное расстояние LO может представлять собой минимальное или пороговое расстояние, которое первая система транспортного средства должна пройти за время до того, как вторая система транспортного средства достигнет области пересечения, чтобы избежать активации сигнала тревоги, как описано в настоящем документе. Свободное расстояние LO может быть вычислено или оценено как расстояние от переднего края первой системы транспортного средства (или любой из передних точек защиты FR, FL) до дальнего края 1012 области пересечения (например, самого дальнего края от первой системы транспортного средства). В качестве альтернативы свободное расстояние LO может быть вычислено или оценено как расстояние от противоположного (например, заднего) края первой системы транспортного средства до дальнего края 1012 области пересечения.

Контроллер может реализовать или инициировать одно или более ответных действий на основе одного или более описанных выше расстояний. В качестве одного примера, если и первая, и вторая системы транспортных средств движутся к области пересечения, так что обе системы транспортных средств будут по меньшей мере частично занимать область пересечения одновременно, то контроллер может дать указание оператору снизить скорость первой системы транспортного средства или может автоматически снизить скорость первой системы транспортного средства. Скорость может быть снижена за счет уменьшения дроссельной заслонки и/или включения тормозов первой системы транспортного средства для замедления на величину, которая основана на текущей скорости первой системы транспортного средства, расстоянии досягаемости LO и заданном расстоянии 1014 зазора.

Заданное расстояние зазора может быть значением по умолчанию (например, частью размера или длины первой системы транспортного средства, например, 20% от длины первой системы транспортного средства) или может иметь значение, которое изменяется в зависимости от скорости движения первой системы транспортного средства (например, расстояние зазора составляет 20% от длины первой системы транспортного средства, в то время как первая система транспортного средства движется медленнее, чем более низкая пороговая скорость, 50% от длины первой системы транспортного средства, в то время как первая система транспортного средства движется быстрее, чем нижняя пороговая скорость, но медленнее, чем промежуточная пороговая скорость, 75% от длины первой системы транспортного средства, в то время как первая система транспортного средства движется быстрее, чем промежуточная пороговая скорость, но медленнее, чем верхняя пороговая скорость, 100% от длины первой системы транспортного средства).

средства, в то время как первая система транспортного средства движется быстрее, чем верхняя пороговая скорость, и так далее).

Контроллер может замедлять первую систему транспортного средства со скоростью, которая пропорциональна квадрату скорости первой системы транспортного средства и/или обратно пропорциональна разнице между расстоянием досягаемости LO и заданным зазором. Например, скорость, с которой контроллер осуществляет замедление, может быть рассчитана как

$$D = \frac{v^2}{2(\text{расстояние досягаемости LO} - \text{зазор})}$$

где D представляет степень снижения скорости первой системы транспортного средства (например, замедление первой системы транспортных средств), v представляет собой скорость движения первой системы транспортного средства по направлению к области пересечения, а зазор представляет собой заданный зазор. В то время как вычисленное значение D может быть положительным значением, контроллер может уменьшить скорость первой системы транспортного средства на степень, которая является отрицательным значением D.

Если разница между расстоянием досягаемости LO и заданным зазором меньше заданного зазора, то первая система транспортного средства может находиться слишком близко к области пересечения, чтобы избежать столкновения со второй системой транспортного средства, если не будут приняты экстренные меры. Например, контроллер может автоматически остановить движение первой системы транспортного средства, чтобы предотвратить столкновение со второй системой транспортного средства. Но если контроллер определяет, что относительное расстояние досягаемости LO первой системы транспортного средства является длиннее, чем свободное расстояние LO, то, возможно, не требуется предпринимать никаких действий. Например, контроллер может определить, что первая система транспортного средства будет проезжать через область пересечения и покидать ее до того, как вторая система транспортного средства достигнет области пересечения, так что не требуется никаких сигналов тревоги, остановки или других ответных действий. В качестве альтернативы, контроллер может автоматически активировать сигнал тревоги, когда первая и вторая системы транспортных средств направляются к области пересечения, и, в ответ на определение того, что относительное расстояние досягаемости LO первой системы транспортного средства является длиннее, чем свободное расстояние LO, контроллер может деактивировать сигнал тревоги и/или предотвратить автоматическое замедление или остановку первой системы транспортного средства.

Предполагаемые пути систем транспортных средств на фиг. 10 ортогональны (например, перпендикулярны) друг другу. В качестве альтернативы предполагаемые пути систем транспортных средств могут быть не ортогональны друг другу. Фиг. 11 иллюстрирует другой пример, где предполагаемые пути систем транспортных средств наклонены друг к другу под тупым углом (например, угол подхода второй системы транспортного средства является острым), а фиг. 12 иллюстрирует пример, где предполагаемые пути систем транспортных средств наклонены друг к другу под острым углом (например, угол подхода второй системы транспортного средства является тупым).

В сценарии, показанном на фиг. 11, контроллер может вычислить допустимое расстояние x , которое используется для компенсации некоторых других расстояний, вычисленных контроллером, чтобы определить, следует ли замедлить или остановить первую систему транспортного средства или отключить сигнал тревоги. Допустимое расстояние x может быть вычислено или оценено как произведение расстояния досягаемости RO и $\sin(\theta)$, где представляет собой угол подхода второй системы транспортного средства. Угол подхода может быть углом между курсом (например, направлением движения) второй системы транспортного средства и передним краем первой системы транспортного средства (или линией, параллельной переднему краю первой системы транспортного средства), как показано на фиг. 11. Контроллер может добавить допустимое расстояние x к свободному расстоянию LO, которое вычисляется, как описано выше, когда угол подхода второй системы транспортного средства составляет менее девяноста градусов (например, представляет собой острый угол). Как описано выше, если относительное расстояние досягаемости LO является длиннее, чем свободное расстояние LO (увеличенное на допустимое расстояние x), то любой сигнал тревоги может быть деактивирован или отключен, а контроллер может разрешить первой системе транспортного средства продолжать движение без остановки или замедления. Если разница между расстоянием досягаемости LO и заданным зазором меньше заданного зазора, то контроллер может автоматически остановить движение первой системы транспортного средства. В противном случае контроллер может уменьшить скорость первой системы транспортного средства на степень замедления D, как описано выше.

В сценарии, показанном на фиг. 12 контроллер может использовать те же самые расстояния, описанные в связи с фиг. 10, чтобы определить, следует ли замедлить или остановить первую систему транспортного средства или отключить сигнал тревоги. Например, если разница между расстоянием досягаемости LO и заданным зазором меньше заданного зазора, то первая система транспортного средства может находиться слишком близко к области пересечения, чтобы избежать столкновения со второй системой транспортного средства, если не будут приняты экстренные меры. Например, контроллер может

автоматически остановить движение первой системы транспортного средства, чтобы предотвратить столкновение со второй системой транспортного средства. Но если контроллер определяет, что относительное расстояние досягаемости LO первой системы транспортного средства является длиннее, чем свободное расстояние LO, то, возможно, не требуется предпринимать никаких действий. Например, контроллер может определить, что первая система транспортного средства будет проезжать через область пересечения и покидать ее до того, как вторая система транспортного средства достигнет области пересечения, так что не требуется никаких сигналов тревоги, остановки или других ответных действий. В качестве альтернативы, контроллер может автоматически активировать сигнал тревоги, когда первая и вторая системы транспортных средств направляются к области пересечения, и, в ответ на определение того, что относительное расстояние досягаемости LO первой системы транспортного средства является длиннее, чем свободное расстояние LO, контроллер может деактивировать сигнал тревоги и/или предотвратить автоматическое замедление или остановку первой системы транспортного средства.

Фиг. 13 иллюстрирует другой вариант осуществления работы системы предотвращения столкновений транспортных средств, описанной выше. Система может вычислять круговую область 1300 перед направлением передвижения системы 600 транспортного средства и прогнозировать, будет ли другая система 602 транспортного средства находиться в этой круговой области одновременно с системой 600 транспортного средства. Например, контроллер на борту локальной системы 600 транспортного средства может идентифицировать круговую область как область, которая находится впереди локальной системы транспортного средства. Если движение удаленной системы 602 транспортного средства указывает на то, что локальная и удаленная системы транспортного средства будут по меньшей мере частично занимать круговую область в одно и то же время (например, одновременно), то контроллер может реализовать одно или более ответных действий, описанных в настоящем документе, чтобы избежать столкновения между локальной и удаленной системами транспортного средства. В проиллюстрированном примере круговая область представляет собой круглую область, но альтернативно может иметь и другую форму.

Контроллер может определить точку пересечения i как местоположение, где направление передвижения (или курс) 1302 локальной системы транспортного средства пересекает направление передвижения (или курс) 1304 удаленной системы транспортного средства. Точку пересечения можно определить, предположив, что как локальная, так и удаленная системы транспортных средств будут продолжать передвижение по линейным путям до точки пересечения. Контроллер может идентифицировать местоположение круговой области как центр в точке пересечения, как показано на фиг. 13. Контроллер может определить размер круговой области, используя заданный безопасный радиус r указанной области. Этот радиус может быть фиксированным, неизменным значением или может изменяться в зависимости от одной или более характеристик системы (систем) транспортного средства и/или рабочих параметров системы (систем) транспортного средства.

Что касается характеристик систем транспортных средств, радиус круговой области может увеличиваться для более крупных локальных и/или удаленных систем транспортных средств (например, более широких и/или более длинных систем транспортных средств) и уменьшаться для меньших локальных и/или удаленных систем транспортных средств (например, более узкие и/или более короткие системы транспортных средств). Радиус круговой области может увеличиваться для более тяжелых локальных и/или удаленных систем транспортных средств и уменьшаться для более легких локальных и/или удаленных систем транспортных средств. Радиус круговой области может увеличиваться для локальных и/или удаленных систем транспортных средств, перевозящих опасные грузы (например, легковоспламеняющиеся и/или взрывоопасные грузы), и уменьшаться для локальных и/или удаленных систем транспортных средств, перевозящих неопасные грузы (например, руду, без грузов и др.). Увеличение радиуса для более крупных и/или тяжелых систем транспортных средств и/или для систем транспортных средств, перевозящих опасные грузы, может снизить вероятность столкновений между системами транспортных средств, поскольку столкновения между этими системами транспортных средств могут быть более вероятными и/или опасными, избегая при этом наличие слишком большой круговой области для систем транспортных средств, которые с меньшей вероятностью столкнутся и/или представляют меньшую опасность в случае столкновения.

Что касается рабочих параметров систем транспортных средств, радиус круговой области может увеличиваться для более высоких скоростей движения локальных и/или удаленных систем транспортных средств. Увеличение радиуса для более быстро движущихся систем транспортных средств может снизить вероятность столкновений между системами транспортных средств, поскольку столкновения между этими системами транспортных средств могут быть более вероятными и/или опасными, избегая при этом наличие слишком большой круговой области для систем транспортных средств, которые движутся медленнее и тем самым с меньшей вероятностью столкнутся и/или представляют меньшую опасность в случае столкновения.

Контроллер может вычислить местоположение и размер круговой области, а затем проверить текущее местоположение S и скорость движения удаленной системы транспортного средства. Из этой информации контроллер может определить прогнозируемое местоположение P удаленной системы транспортного средства в тот момент, когда локальная система транспортного средства входит или находится

в пределах круговой области. Это время можно назвать временем входа или занятия. Контроллер может вычислить прогнозируемое местоположение Р удаленной системы транспортного средства в это время занятия. Если это прогнозируемое местоположение находится в пределах круговой области во время занятия, то контроллер может инициировать одно или более ответных действий, описанных в настоящем документе.

Например, контроллер может определить, насколько далеко удаленная система транспортного средства находится от края круговой области, вычитая радиус круговой области из расстояния от текущего местоположения удаленной системы транспортного средства и пересечения путей движения (или центр круговой области). Контроллер может разделить это расстояние на скорость движения удаленной системы транспортного средства, чтобы определить, когда удаленная система транспортного средства достигнет края круговой области. Контроллер может сделать аналогичное вычисление, но для локальной системы транспортного средства. Если контроллер определяет, что и локальная, и удаленная системы транспортных средств будут находиться или входить в круговую область одновременно, то контроллер может выполнить одно или более ответных действий (например, активировать сигнал тревоги, автоматически замедлить или остановить движение локальной системы транспортного средства и т.д.). В противном случае контроллер может разрешить локальной системе транспортного средства продолжать движение без выполнения ответных действий.

Фиг. 14 иллюстрирует другой вариант осуществления работы системы предотвращения столкновений транспортных средств, описанной выше. Система описана в связи с фиг. 10-13 как предсказывающая, является ли столкновение неизбежным или вероятным, когда системы транспортных средств движутся по линейным путям (или предполагается, что они движутся по линейным путям). Дополнительно или в качестве альтернативы система предотвращения столкновений может определять вероятность или возможность столкновения, когда одна или обе системы транспортных средств движутся по криволинейному пути 1400.

Контроллер локальной системы 600 транспортного средства может вычислять или оценивать угловую скорость локальной системы транспортного средства вдоль криволинейного пути. В качестве одного примера контроллер может получать выборочные местоположения локальной системы транспортного средства от приемника GPS. Контроллер может вычислить курс локальной системы транспортного средства на основе этих выборочных местоположений. Угловая скорость локальной системы транспортного средства может быть вычислена как скорость изменения этих курсов (например, в градусах в секунду, когда меняются курсы). Затем вычисленная угловая скорость может использоваться контроллером для вычисления длины окружности, вдоль которой проходит криволинейный путь. Например, длину окружности, вдоль которой проходит криволинейный путь, можно вычислить, умножив скорость движения локальной системы транспортного средства на 360° на угловую скорость локальной системы транспортного средства.

Затем контроллер может использовать эту длину окружности, вдоль которой проходит криволинейный путь, для определения различных зон 1402, 1404, 1406 перед локальной системой транспортного средства. Ближайшая зона 1402 может называться критической зоной, более дальняя зона 1404 может называться зоной предупреждения, и более дальняя зона 1406 может называться зоной оповещения. Каждая из этих зон может иметь одинаковую или разную длину вдоль окружности, вычисленную контроллером. Длина каждой зоны вдоль окружности может быть основана на скорости, с которой движется локальная система транспортного средства. Например, критическая зона может иметь длину вдоль окружности до конца 1408, где длина представляет собой сумму заданного расстояния остановки, заданного расстояния зазора (описанного выше) и произведения заданной времени реакции оператора и скорости движения локальной системы транспортного средства. Время реакции оператора может быть установленным или переменным периодом времени, требуемым оператору для приведения в действие тормозов локальной системы транспортного средства после того, как он увидел объект (например, удаленную систему транспортного средства) перед локальной системой транспортного средства. Заданное расстояние остановки может быть установленным расстоянием или может быть вычисленным как расстояние, на которое локальная система транспортного средства будет продолжать движение после того, как будут задействованы тормоза локальной системы транспортного средства. Необязательно, расстояние остановки может быть вычислено как скорость движения локальной системы транспортного средства, деленная на замедление локальной системы транспортного средства (например, степень замедления, описанная выше).

Зона предупреждения может проходить от конца критической зоны (конца критической зоны, наиболее удаленного от локальной системы транспортного средства) на длину по окружности до другого конца 1410. Длина зоны предупреждения проходит от конца 1408 до конца 1410 по окружности, где длина является произведением заданного времени предупреждения оператора и скорости движения локальной системы транспортного средства. Время предупреждения оператора может быть установленным или переменным периодом времени, который является дольше, чем время реакции. Зона оповещения может проходить от конца зоны предупреждения (конца зоны предупреждения, наиболее удаленного от локальной системы транспортного средства) на длину по окружности до другого конца 1412. Длина зоны

оповещения проходит от конца 1410 до конца 1412 по окружности, где длина является произведением заданного времени оповещения оператора и скорости движения локальной системы транспортного средства. Время оповещения оператора может быть установленным или переменным периодом времени, который является дольше, чем время предупреждения.

Необязательно, контроллер может определить указанные зоны как различные расстояния вдоль криволинейного пути. Расстояние критической зоны может проходить от переднего края локальной системы транспортного средства и представлять собой сумму расстояния остановки, заданного зазора и произведения критического времени реакции и скорости локальной системы транспортного средства. Расстояние предупреждения может проходить от переднего края локальной системы транспортного средства и представлять собой сумму расстояния критической зоны и произведения времени реакции при предупреждении и скорости локальной системы транспортного средства. Расстояние оповещения может проходить от переднего края локальной системы транспортного средства и представлять собой сумму расстояния зоны предупреждения и произведения времени реакции при оповещении и скорости локальной системы транспортного средства.

Контроллер может определить, находится ли удаленная система транспортного средства в пределах одной или более из этих зон (или будет находиться в пределах одной или более из этих зон), и выполнить одно или более ответных действий. Как описано выше, в ответ на определение того, что удаленная система транспортного средства находится в пределах (или будет находиться в пределах) критической зоны, контроллер может автоматически остановить движение локальной системы транспортного средства. В ответ на определение того, что удаленная система транспортного средства находится в пределах (или будет находиться в пределах) зоны предупреждения, контроллер может активировать сигнал тревоги и, необязательно, автоматически замедлить движение локальной системы транспортного средства (например, с помощью степени замедления, описанной выше). В ответ на определение того, что удаленная система транспортного средства находится в пределах (или будет находиться в пределах) зоны оповещения, контроллер может активировать сигнал тревоги, чтобы предупредить оператора (но не автоматически замедлять или останавливать локальную систему транспортного средства).

Фиг. 15 иллюстрирует блок-схему одного примера способа 1500 предотвращения столкновений между системой транспортного средства и по меньшей мере одним другим объектом (таким как другая система транспортного средства). Способ может представлять операции, выполняемые системой предотвращения столкновений, описанной в настоящем документе. На этапе 1502 прогнозируется предстоящая область пересечения предполагаемых путей систем транспортных средств. Например, может быть определена область, по которой обе системы транспортных средств будут передвигаться, если системы транспортных средств продолжат движение по текущим курсам систем транспортных средств. На этапе 1504 определяют расстояние досягаемости, относительное расстояние досягаемости и/или свободное расстояние по меньшей мере одной из систем транспортных средств. Эти расстояния могут быть вычислены для локальной системы транспортного средства, как описано выше. На этапе 1506 расстояние зазора сравнивается с разницей между расстоянием зазора и расстоянием досягаемости. Это расстояние может быть заданным расстоянием, таким как расстояние остановки, локальной системы транспортного средства.

На этапе 1508, если эта разница меньше, чем расстояние зазора, то может потребоваться предпринять экстренное действие, чтобы избежать столкновения между системами транспортных средств. Например, если разница меньше, чем расстояние зазора, это может указывать на то, что локальная система транспортного средства находится ближе к области пересечения, чем расстояние зазора. Это может быть слишком близко, чтобы избежать столкновения с удаленной системой транспортного средства, если не будут приняты экстренные действия. В результате поток способа может перейти к этапу 1510. В противном случае локальная система транспортного средства может находиться дальше от области пересечения, чем заданное расстояние зазора, и поток способа может перейти к этапу 1512.

На этапе 1510 локальная система транспортного средства может быть остановлено автоматически. Например, контроллер может задействовать тормоза системы транспортного средства как можно скорее или практически, чтобы предотвратить столкновение между локальной системой транспортного средства и удаленным объектом (например, удаленной системой транспортного средства). Поток способа может завершиться или вернуться к одной или более другим операциям (например, этапу 1502).

На этапе 1512 принимается решение относительно того, является ли относительное расстояние досягаемости длиннее, чем свободное расстояние. Если относительное расстояние досягаемости является длиннее, чем свободное расстояние, то локальная система транспортного средства освободит область пересечения до того, как удаленная система транспортного средства достигнет области пересечения. В результате локальная система транспортного средства может продолжать движение без выполнения одного или более ответных действий. Поток способа необязательно может перейти к этапу 1516 или может завершиться. На этапе 1516 любой сигнал тревоги, который в настоящее время активен, может быть отключен или иным образом выключен. Но, если относительное расстояние досягаемости не длиннее, чем свободное расстояние, то локальная система транспортного средства может не пройти через область пересечения до того, как удаленная система транспортного средства достигнет области пересечения. В ре-

зультате поток способа может перейти к этапу 1514 с этапа 1512.

На этапе 1514 локальная система транспортного средства замедляется.

Контроллер может автоматически снижать скорость системы транспортного средства с описанной выше степенью замедления или на другую величину. Локальная система транспортного средства может быть замедлена, чтобы у удаленной системы транспортного средства было больше времени, чтобы проехать и освободить область пересечения или иным образом избежать столкновения между системами транспортных средств. В качестве альтернативы контроллер может изменить курс или направление, в котором движется локальная система транспортного средства, чтобы избежать столкновения. Поток метода может завершиться или вернуться к другой операции (например, 1502 или 1504).

Фиг. 16 иллюстрирует блок-схему другого примера способа 1600 предотвращения столкновений между системой транспортного средства и по меньшей мере одним другим объектом (таким как другая система транспортного средства). Способ может представлять операции, выполняемые системой предотвращения столкновений, описанной в настоящем документе. На этапе 1602 определяется местоположение и размер круговой области перед локальной системой транспортного средства. Местоположение может быть определено путем идентификации пересечения между курсами локальной и удаленной систем транспортных средств. Размер может быть размером по умолчанию или может варьироваться в зависимости от характеристик транспортного средства и/или рабочих параметров, как описано выше.

На этапе 1604 могут быть определены местоположение и скорость движения удаленной системы транспортного средства. На этапе 1606 может быть определено прогнозируемое предстоящее местоположение удаленной системы транспортного средства. Например, контроллер локальной системы транспортного средства может определить, насколько далеко локальная система транспортного средства находится от круговой области и сколько времени пройдет, прежде чем локальная система транспортного средства достигнет круговой области, на основе скорости движения локальной системы транспортного средства. Контроллер может определить, насколько дальше будет двигаться удаленная система транспортного средства, исходя из этого количества времени и скорости движения удаленной системы транспортного средства. Это определенное местоположение удаленной системы транспортного средства может быть прогнозируемым предстоящим местоположением.

На этапе 1608 принимается решение относительно того, находится ли прогнозируемое предстоящее местоположение удаленной системы транспортного средства в пределах круговой области. Если прогнозируемое предстоящее местоположение находится в пределах круговой области, то это может указывать на то, что столкновение между системами транспортных средств может произойти или произойдет, если не будет предпринято какое-либо ответное действие до того, как произойдет столкновение. В результате поток способа может перейти к этапу 1610. Но если прогнозируемое предстоящее местоположение не находится в круговой области, то это может указывать на то, что столкновение между системами транспортных средств маловероятно или не произойдет, пока системы транспортных средств продолжают двигаться в тех же направлениях и с теми же скоростями. В результате поток способа может перейти к этапу 1612.

На этапе 1610 реализуется одно или более ответных действий, чтобы предотвратить или избежать столкновения. Например, локальная система транспортного средства может автоматически замедляться или остановиться или изменить направление. Поток способа может затем завершиться или вернуться к одной или более другим операциям (например, 1602 или 1604). На этапе 1612 локальная система транспортного средства может продолжать движение к круговой области без замедления или остановки. Поток способа может затем завершиться или вернуться к одной или более другим операциям (например, 1602 или 1604).

Фиг. 17 иллюстрирует блок-схему другого примера способа 1700 предотвращения столкновений между системой транспортного средства и по меньшей мере одним другим объектом (таким как другая система транспортного средства). Способ может представлять операции, выполняемые системой предотвращения столкновений, описанной в настоящем документе. На этапе 1702 определяется угловая скорость движущейся системы транспортного средства. Угловая скорость может быть определена путем получения образцов курсов системы транспортного средства и вычисления степени изменения в курсах. На этапе 1704 круговой или другой криволинейный путь определяется на основе угловой скорости. Круговой или другой криволинейный путь можно определить путем вычисления длины окружности по угловой скорости, как описано выше. На этапе 1706 определяются зоны впереди системы транспортного средства вдоль кругового или другого криволинейного пути. Эти зоны могут включать критическую зону, ближайшую к системе транспортного средства, зону оповещения, наиболее удаленную от системы транспортного средства, и зону предупреждения между критической зоной и зоной оповещения. Местоположения и/или размеры зон (например, длины зон вдоль круговой или криволинейной траектории) могут быть определены на основе расстояния остановки системы транспортного средства, заданного зазора, времени реакции и скорости движения транспортного средства, как описано выше.

На этапе 1708 принимается решение относительно того, находится ли какая-либо другая система транспортного средства в какой-либо из зон. Если другая удаленная система транспортного средства находится в пределах одной или более зон, может потребоваться принятие ответных действий, чтобы из-

бежать или уменьшить вероятность столкновения между системами транспортных средств. В результате поток способа 1700 может перейти к этапу 1710. В противном случае, поток способа 1700 может перейти к этапу 1712.

На этапе 1710 реализуется одно или более ответных действий. Например, в ответ на определение того, что удаленная система транспортного средства находится в пределах (или будет находиться в пределах) критической зоны, движение локальной системы транспортного средства может быть автоматически остановлено. В ответ на определение того, что удаленная система транспортного средства находится в пределах (или будет находиться в пределах) зоны предупреждения, может быть активирован сигнал тревоги, а движение локальной системы транспортного средства необязательно может быть замедлено. В ответ на определение того, что удаленная система транспортного средства находится в пределах (или будет находиться в пределах) зоны оповещения, сигнал тревоги может быть активирован без автоматического замедления или остановки локальной системы транспортного средства). Затем поток способа 1700 может завершиться или вернуться к другой операции (такой как 1702, 1704, 1706 или 1708).

На этапе 1712 движение локальной системы транспортного средства может продолжаться по круговому или другому криволинейному пути. Например, поскольку ни одна другая система транспортного средства не находится ни в одной из зон, локальная система транспортного средства может продолжать движение. Затем поток способа 1700 может завершиться или вернуться к другой операции (такой как 1702, 1704, 1706 или 1708).

Различные варианты осуществления, раскрытые в настоящем документе, относятся к предотвращению столкновений между движущимися системами транспортных средств (например, локальными и удаленными системами транспортных средств). В качестве альтернативы, удаленная система транспортного средства может быть стационарной и/или может представлять другой объект, отличный от транспортного средства. Например, удаленная система транспортного средства может представлять персону или другой объект (например, структуру, лед или поверхность с низким сцеплением и т.д.), с которыми локальная система транспортного средства хочет избежать столкновения или передвижения через них.

В одном варианте осуществления способ включает прогнозирование предстоящей области пересечения предполагаемых путей первой системы транспортного средства и второй системы транспортного средства на основе текущих движений первой системы транспортного средства и второй системы транспортного средства, вычисление расстояния досягаемости первой системы транспортного средства, причем расстояние досягаемости определено как расстояние от переднего края первой системы транспортного средства до области пересечения, сравнение разницы между расстоянием досягаемости первой системы транспортного средства и заданным расстоянием зазора с заданным расстоянием зазора, и одно или более из: (а) автоматического снижения скорости первой системы транспортного средства в ответ на то, что разница является не меньше, чем заданное расстояние зазора, и/или (b) автоматической остановки первой системы транспортного средства в ответ на то, что разница является меньше, чем заданное расстояние зазора.

Необязательно, способ также может включать вычисление относительного расстояния досягаемости первой системы транспортного средства в качестве первого расстояния, пройденного первой системой транспортного средства до того, как вторая система транспортного средства достигнет предстоящей области пересечения, вычисление свободного расстояния первой системы транспортного средства в качестве второго расстояния от переднего края первой системы транспортного средства до дальнего края области пересечения, сравнение относительного расстояния досягаемости первой системы транспортного средства со свободным расстоянием первой системы транспортного средства и одно или более отключений сигнала тревоги первой системы транспортного средства, предотвращение автоматического замедления первой системы транспортного средства и/или предотвращение автоматической остановки первой системы транспортного средства в ответ на то, что относительное расстояние досягаемости первой системы транспортного средства является длиннее, чем свободное расстояние первой системы транспортного средства.

Предполагаемые пути первой системы транспортного средства и второй системы транспортного средства могут быть ортогональны друг другу. Или предполагаемые пути первой системы транспортного средства и второй системы транспортного средства могут быть наклонены под тупым углом или наклонены под острым углом друг к другу. Предполагаемые пути первой системы транспортного средства и второй системы транспортного средства могут быть линейными путями и/или криволинейными путями.

Предстоящую область пересечения можно спрогнозировать, идентифицируя круглую область с центром на пересечении предполагаемых путей первой системы транспортного средства и второй системы транспортного средства.

В другом примере способ включает измерение угловой скорости движущейся первой системы транспортного средства, вычисление предстоящего криволинейного пути первой системы транспортного средства с использованием измеренной угловой скорости, контроль движения второй системы транспортного средства, определение того, будет ли вторая система транспортного средства находиться в пределах критического расстояния вдоль предстоящего криволинейного пути, расстояния предупреждения вдоль предстоящего криволинейного пути или расстояния оповещения вдоль предстоящего криволиней-

ного пути в течение одного или более заданных периодов времени, а также одно или более из автоматической остановки первой системы транспортного средства в ответ на определение того, что вторая система транспортного средства будет находиться в пределах критического расстояния в течение одного или более заданных периодов времени, автоматического замедления первой системы транспортного средства в ответ на определение того, что вторая система транспортного средства будет находиться в пределах расстояния предупреждения в течение одного или более заданных периодов времени и/или генерирования оповещения оператору первой системы транспортного средства в ответ на определение того, что вторая система транспортного средства будет находиться в пределах расстояния оповещения в течение одного или более заданных периодов времени.

Движение второй системы транспортного средства может происходить впереди первой системы транспортного средства и в направлении, ориентированном от первой системы транспортного средства. Способ также может включать вычисление критического расстояния на основе первой суммы расстояния остановки первой системы транспортного средства, заданного расстояния зазора и первого произведения скорости движения первой системы транспортного средства и заданного времени реакции.

Способ также может включать вычисление расстояния предупреждения на основе второй суммы критического расстояния и второго произведения скорости движения первой системы транспортного средства и заданного времени предупреждения. Способ может включать вычисление расстояния оповещения на основе третьей суммы расстояния предупреждения и третьего произведения скорости движения первой системы транспортного средства и заданного времени оповещения.

Движение второй системы транспортного средства может происходить впереди первой системы транспортного средства и в направлении, ориентированном к первой системе транспортного средства. Способ необязательно может включать вычисление критического расстояния на основе первой суммы расстояния остановки первой системы транспортного средства, заданного расстояния зазора, первого произведения скорости движения первой системы транспортного средства и заданного времени реакции, а также свободного расстояния второй системы транспортного средства.

Способ может включать вычисление расстояния остановки первой системы транспортного средства на основе скорости движения первой системы транспортного средства, деленной на замедление первой системы транспортного средства. Способ может включать вычисление расстояния сближения второй системы транспортного средства как второго произведения скорости движения второй системы транспортного средства и времени остановки первой системы транспортного средства.

Способ может включать вычисление расстояния предупреждения на основе второй суммы критического расстояния и второго произведения скорости движения первой системы транспортного средства и заданного времени предупреждения. Способ может включать вычисление расстояния оповещения на основе третьей суммы расстояния предупреждения и третьего произведения скорости движения первой системы транспортного средства и заданного времени оповещения.

В другом примере система содержит контроллер транспортного средства, выполненный с возможностью размещения на борту первой системы транспортного средства и управления движением первой системы транспортного средства. Контроллер транспортного средства выполнен с возможностью прогнозирования предстоящей области пересечения предполагаемых путей первой системы транспортного средства и второй системы транспортного средства на основе текущих движений первой системы транспортного средства и второй системы транспортного средства. Контроллер транспортного средства выполнен с возможностью вычисления расстояния досягаемости первой системы транспортного средства как расстояния от переднего края первой системы транспортного средства до области пересечения. Контроллер транспортного средства выполнен с возможностью сравнения разницы между расстоянием досягаемости первой системы транспортного средства и заданным расстоянием зазора с заданным расстоянием зазора. Контроллер транспортного средства выполнен с возможностью одно или более из: (а) автоматического снижения скорости первой системы транспортного средства в ответ на разницу, являющуюся не меньше, чем заданное расстояние зазора, и/или (б) автоматической остановки первой системы транспортного средства в ответ на разницу, являющуюся меньше, чем заданное расстояние зазора.

Необязательно, контроллер транспортного средства может быть выполнен с возможностью вычисления относительного расстояния досягаемости первой системы транспортного средства как первого расстояния, пройденного первой системой транспортного средства до того, как вторая система транспортного средства достигнет предстоящую область пересечения. Контроллер транспортного средства может быть выполнен с возможностью вычисления свободного расстояния первой системы транспортного средства как второго расстояния от переднего края первой системы транспортного средства до дальнего края области пересечения. Контроллер транспортного средства может быть выполнен с возможностью сравнения относительного расстояния досягаемости первой системы транспортного средства со свободным расстоянием первой системы транспортного средства и одного или более из отключений сигнала тревоги первой системы транспортного средства, предотвращения автоматического замедления первой системы транспортного средства и/или предотвращения автоматической остановки первой системы транспортного средства в ответ на то, что относительное расстояние досягаемости первой системы транспортного средства является длиннее, чем свободное расстояние первой системы транспортного средства.

средства.

Хотя варианты осуществления изобретения подходят для использования как с мобильными, так и со стационарными реализациями, для простоты объяснения в настоящем документе подробно описана мобильная реализация. Более конкретно, транспортное средство было выбрано для ясности иллюстрации раскрытия мобильных вариантов осуществления. Другие подходящие транспортные средства содержат, например, автомобили и другие дорожные транспортные средства, локомотивы, строительные машины/оборудование и другие внедорожные транспортные средства, морские суда и автономные транспортные средства (например, беспилотные автомобили). Используемый в настоящем документе термин "электрическая связь" или "электрически соединенный" означает, что определенные компоненты могут связываться друг с другом посредством прямой или не прямой передачи сигналов посредством прямых или не прямых электрических соединений. Используемый в настоящем документе термин "механически соединенный" относится к любому способу соединения, способному выдерживать усилия, необходимые для передачи крутящего момента между компонентами. Используемый в настоящем документе термин "функционально связанный" относится к соединению, которое может быть прямым или непрямым. Соединение не обязательно должно быть механическим креплением.

Используемый в настоящем документе элемент или этап, указанные в единственном числе и сопровождаемые словом "a" или "an", следует понимать как не исключающий множественное число указанных элементов или этапов, если только такое исключение не указано явно. Кроме того, ссылки на "один вариант осуществления" настоящего изобретения не предназначены для толкования как исключающие существование дополнительных вариантов осуществления, которые также включают перечисленные признаки. Более того, если явно не указано иное, варианты осуществления, "содержащие", "включающие" или "имеющие" элемент или совокупность элементов, обладающих конкретным свойством, могут включать дополнительные такие элементы, не обладающие этим свойством.

В этом письменном описании используются примеры для раскрытия нескольких вариантов осуществления изобретения, включая наилучший вариант, и для того, чтобы позволить среднему специалисту в данной области техники применить на практике варианты осуществления изобретения, включая создание и использование любых устройств или систем и выполнение любых встроенных способов. Патентоспособный объем изобретения определяется формулой изобретения и может включать другие примеры, которые приходят на ум специалистам в данной области техники. Предполагается, что такие другие примеры входят в объем формулы изобретения, если они имеют структурные элементы, которые не отличаются от буквального языка формулы изобретения, или если они включают эквивалентные структурные элементы с незначительными отличиями от буквального языка формулы.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ управления системой транспортного средства, включающий прогнозирование предстоящей области (1000) пересечения предполагаемых путей первой системы (600) транспортного средства и второй системы (602) транспортного средства на основе текущих движений первой системы (600) транспортного средства и второй системы (602) транспортного средства;

вычисление относительного расстояния (1008) досягаемости первой системы (600) транспортного средства, причем относительное расстояние (1008) досягаемости определяют как произведение скорости первой системы (600) транспортного средства и времени до того, как вторая система (602) транспортного средства достигнет области (1000) пересечения;

сравнение разницы между относительным расстоянием (1008) досягаемости первой системы (600) транспортного средства и заданным расстоянием (1014) зазора с заданным расстоянием (1014) зазора, при этом заданное расстояние (1014) зазора основано на одном или более из следующего: 1) размер или длина первой системы (600) транспортного средства, 2) значение, которое изменяется в зависимости от скорости движения первой системы (600) транспортного средства, и 3) остановочный путь первой системы (600) транспортного средства; и

одно или более из: (a) автоматического снижения скорости первой системы (600) транспортного средства в ответ на разницу, являющуюся не меньше, чем заданное расстояние (1014) зазора, или (b) автоматической остановки первой системы (600) транспортного средства в ответ на разницу, являющуюся меньше, чем заданное расстояние (1014) зазора.

2. Способ по п. 1, дополнительно включающий

вычисление свободного расстояния (1010) первой системы (600) транспортного средства как второго расстояния от первой системы (600) транспортного средства до дальнего края (1012) области (1000) пересечения;

сравнение относительного расстояния (1002; 1006; 1008) досягаемости первой системы (600) транспортного средства со свободным расстоянием (1010) первой системы (600) транспортного средства и

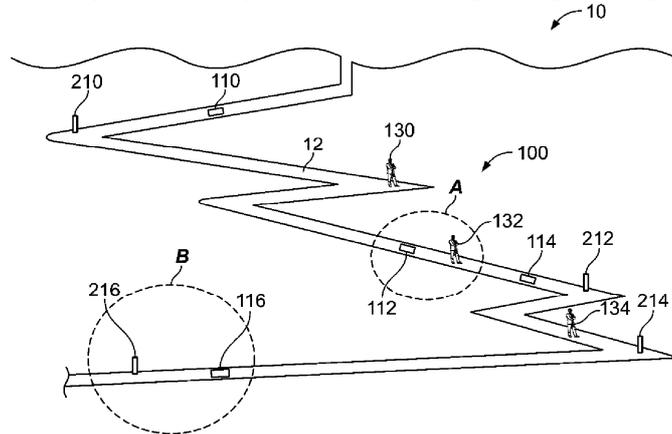
одно или более из отключения сигнала тревоги первой системы (600) транспортного средства, предотвращения автоматического замедления первой системы (600) транспортного средства или предотвращения автоматической остановки первой системы (600) транспортного средства в ответ на то, что

относительное расстояние (1002; 1006; 1008) досягаемости первой системы (600) транспортного средства является длиннее, чем свободное расстояние (1010) первой системы (600) транспортного средства.

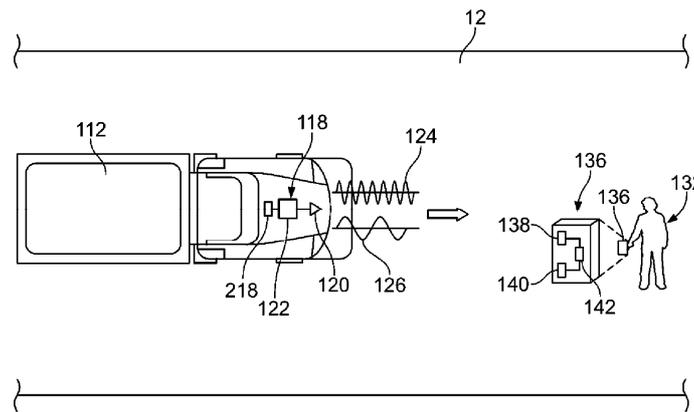
3. Способ по п.1, отличающийся тем, что предполагаемые пути первой системы (600) транспортного средства и второй системы (602) транспортного средства ортогональны друг другу.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что предполагаемые пути первой системы (600) транспортного средства и второй системы (602) транспортного средства наклонены под тупым углом или наклонены под острым углом друг к другу.

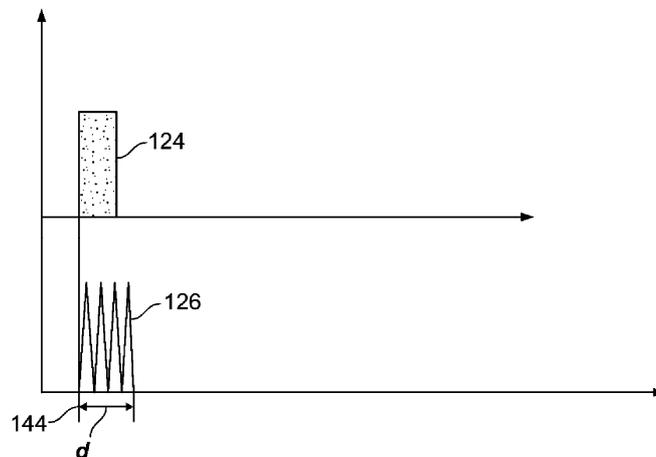
5. Способ по п.1, отличающийся тем, что предстоящую область (1000) пересечения прогнозируют путем идентификации круглой области (1300) с центром на пересечении предполагаемых путей первой системы (600) транспортного средства и второй системы (602) транспортного средства.



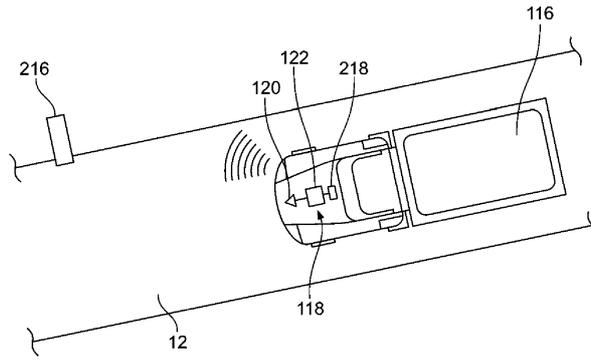
Фиг. 1



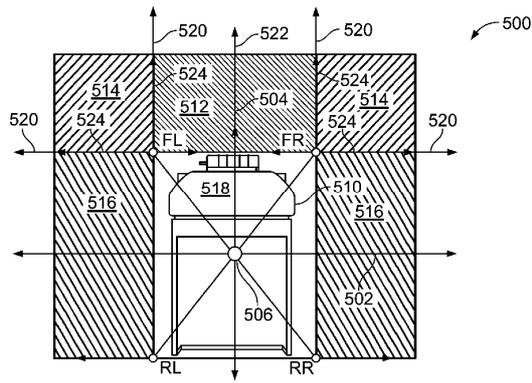
Фиг. 2



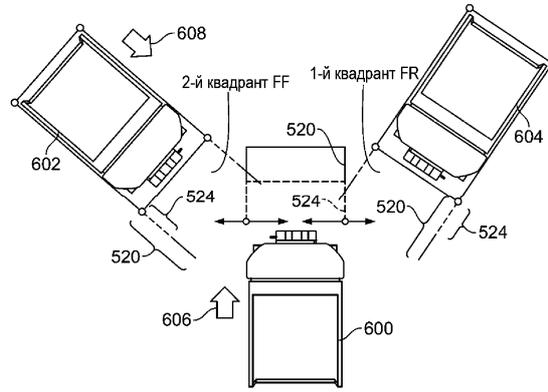
Фиг. 3



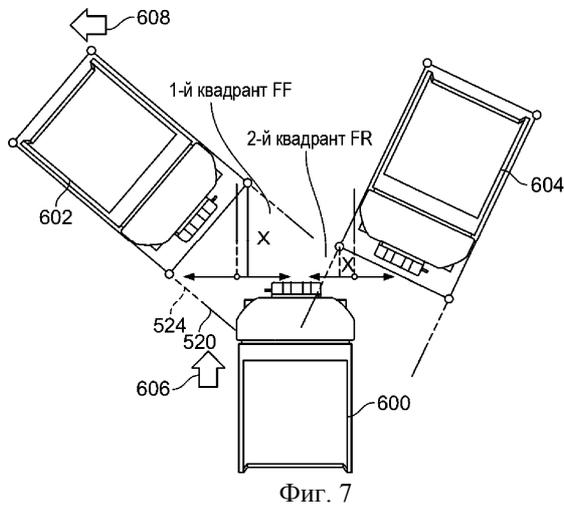
Фиг. 4



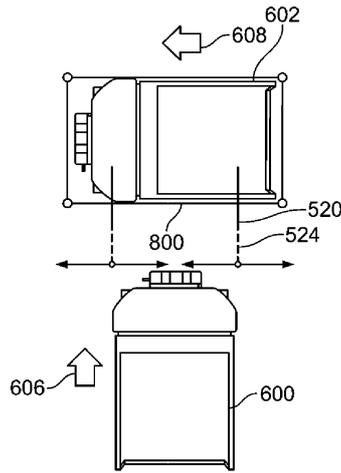
Фиг. 5



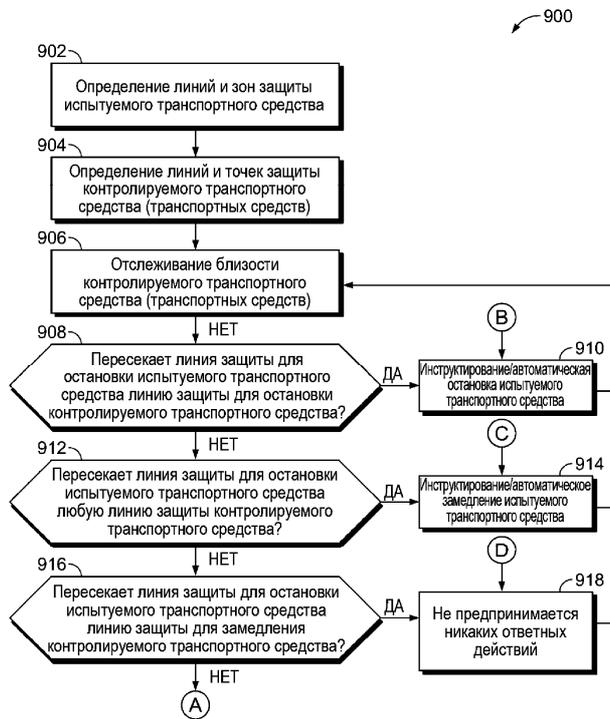
Фиг. 6



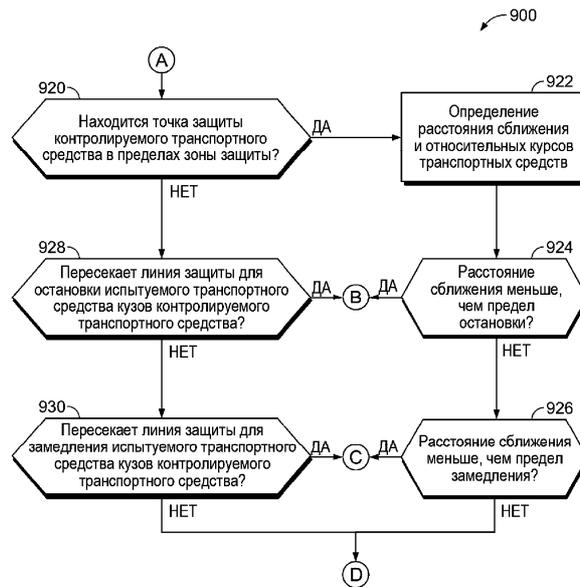
Фиг. 7



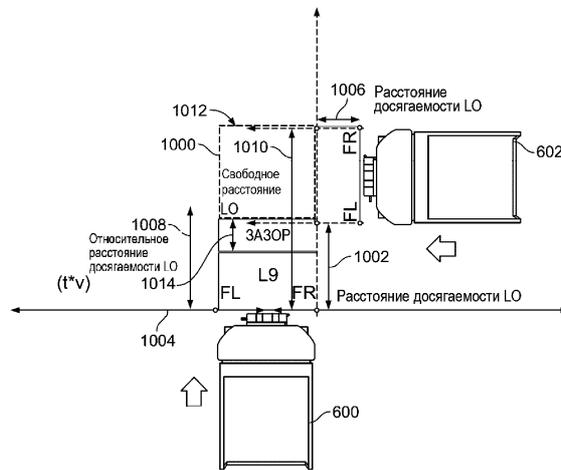
Фиг. 8



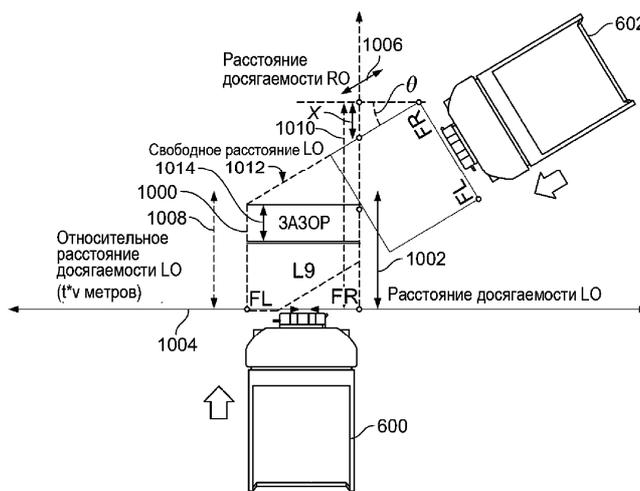
Фиг. 9А



Фиг. 9В



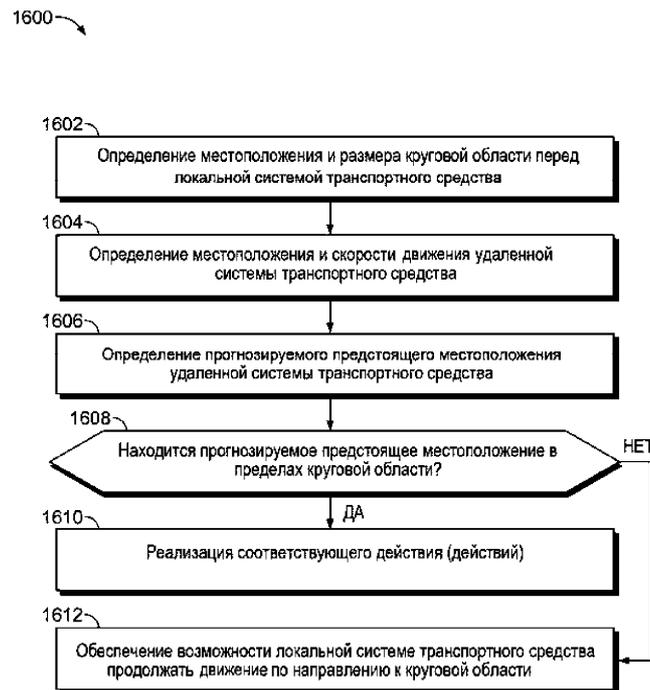
Фиг. 10



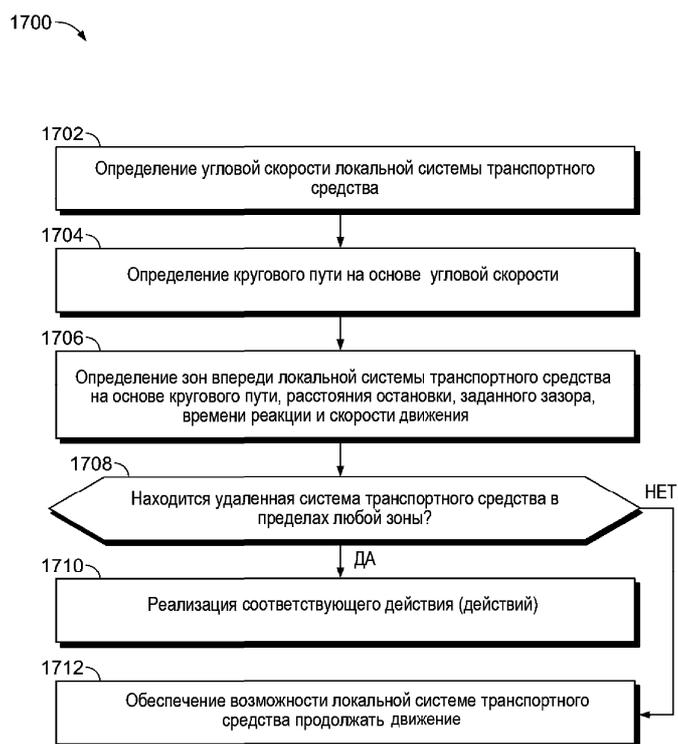
Фиг. 11



Фиг. 15



Фиг. 16



Фиг. 17

