

СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Область техники

Изобретение относится к области регулирования движения дорожного транспорта и, в частности, к регулированию движения на перекрёстке с помощью светофора.

5

Предшествующий уровень техники

Наиболее близким по технической сущности – прототипом является способ регулирования движения автотранспорта на перекрестке, включающий
10 регулирование движения с помощью светофора, переключение сигналов светофора с использованием переключающих реле и таймера, определение длины участка дороги, занятой автомашинами от ограничивающей линии перед перекрестком до конечной границы участка дороги, занятой автомашинами на данном участке дороги, при этом время переключения светофора с зеленого света
15 на красный устанавливают с учетом определения среднего расстояния между машинами перед перекрестком и числа машин на данном участке дороги, а также с учетом времени задержки на перекрестке движения последующей автомашины после начала движения предыдущей машины, (см RU 2379761 C1, кл. G08G1/01).

Недостатком известного способа является низкая надёжность,
20 обусловленная необходимостью получения информации о загруженности проезжей части перед светофором из видеоизображения, полученного с помощью

соответствующих датчиков. Распознавание транспортных средств из видеоизображения, полученного даже с датчиков, обеспечивающих высокое разрешение, обязательно сопровождается ошибками из-за невозможности обеспечения эталонными изображениями всех транспортных средств с учётом всех возможных угловых ракурсов. Привязка процесса обнаружения перемещающихся транспортных средств к распознаванию стандартных элементов, например, номерных знаков, также уязвима с точки зрения надёжности, так как в движущемся потоке перед светофором транспортные средства обычно располагаются плотным рядом с небольшой дистанцией не позволяющей увидеть номерной знак последующего транспортного средства даже с датчика установленного на некоторой высоте. Анализ изображения осложняется при ухудшении погодных условий, когда ухудшается видимость.

Другим существенным недостатком известного решения является невозможность автоматической адаптации к изменению потока в целях выравнивания потоков транспортных средств на пересекающихся направлениях. Невозможность такой автоматической адаптации связана с отсутствием средств в известном решении для подтверждения проезда конкретным транспортным средством регулируемого перекрёстка. Невозможность адаптации снижает эффективность известного решения с точки зрения выравнивания потоков транспортных средств на пересекающихся направлениях.

Указанные недостатки снижают область применения известного способа.

Наиболее близким по технической сущности - прототипом является устройство для осуществления способа регулирования движения автотранспорта на перекрестке содержащее: светофор; датчик (детектор) наблюдения; блок светофора с датчиками наблюдения; линии передачи сигналов от датчиков наблюдения к обрабатывающему приемнику сигналов; блок распознавания длины наибольшего участка дороги, занятой автотранспортом по данному направлению, и числа автомашин на данном участке дороги; вычислительный блок; блок корректировки: базового времени переключения сигналов светофора (при отсутствии скопления автомашин перед перекрестком), средней скорости движения автотранспорта перед перекрестком и времени задержки начала движения последующей автомашины после начала движения предыдущей; блок

55 установки расчетного времени переключения сигналов светофора; таймер; реле переключений и блок сканирования датчиков наблюдения (см описание к RU 2379761 C1, кл. G08G1/01).

Недостатком известного устройства является низкая надёжность, обусловленная необходимостью получения информации о загруженности
60 проезжей части перед светофором из видеоизображения, полученного с помощью соответствующих датчиков. Распознавание транспортных средств из видеоизображения, полученного даже с датчиков, обеспечивающих высокое разрешение, обязательно сопровождается ошибками из-за невозможности обеспечения эталонными изображениями всех транспортных средств с учётом
65 всех возможных угловых ракурсов. Привязка процесса обнаружения перемещающихся транспортных средств к распознаванию стандартных элементов, например, номерных знаков, также уязвима с точки зрения надёжности, так как в движущемся потоке перед светофором транспортные средства обычно располагаются плотным рядом с небольшой дистанцией не
70 позволяющей увидеть номерной знак последующего транспортного средства даже с датчика установленного на некоторой высоте. Анализ изображения осложняется при ухудшении погодных условий, когда ухудшается видимость.

Другим существенным недостатком известного решения является невозможность автоматической адаптации к изменению потока в целях
75 выравнивания потоков транспортных средств на пересекающихся направлениях. Невозможность такой автоматической адаптации связана с отсутствием средств в известном решении для подтверждения проезда конкретным транспортным средством регулируемого перекрёстка. Невозможность адаптации снижает эффективность известного решения с точки зрения выравнивания потоков
80 транспортных средств на пересекающихся направлениях.

Указанные недостатки снижают область применения известного устройства.

Раскрытие изобретения

85 Задачей и обусловленным ею техническим результатом является расширение области применения за счёт повышения надёжности обнаружения и идентификации транспортных средств, движущихся на участке дороги перед

светофором и повышения эффективности светофорного регулирования за счёт возможности автоматической адаптации к изменяющейся плотности потоков транспортных средств.

Указанный технический результат достигается тем, что в способе регулирования движения транспортных средств, заключающемся в регулировании движения на перекрестке с помощью светофора, осуществляют обнаружение и идентификацию транспортных средств, приближающихся к перекрёстку на расстояние ближе установленной заранее границы, для чего предварительно устанавливают на транспортных средствах узлы их идентификации, устанавливают в заранее определённых местах дальней и ближней границ подъезда к перекрёстку узлы обнаружения транспортных средств, с помощью которых зондируют радиосигналом пространство в месте их установки, с помощью узлов идентификации транспортных средств, попавших в зону радиозондирования формируют ответные сигналы, содержащие кодовое слово с идентификационными данными соответствующего транспортного средства, обнаруживают, принимают и декодируют с помощью узлов обнаружения эти ответные сигналы, а длительность разрешающего сигнала устанавливают равной не менее того времени, за которое транспортные средства, из числа пересёкших дальнюю границу подъезда данного направления во время действия запрещающего сигнала, а также предыдущего разрешающего сигнала, завершат пересечение ближней границы подъезда.

Кроме того: - момент завершения пересечения ближней границы подъезда транспортными средствами, из числа пересёкших дальнюю границу подъезда во время действия запрещающего сигнала а также предыдущего разрешающего сигнала, определяют моментом совпадения данных о транспортных средствах, пересекающих ближнюю границу с данными о транспортных средствах, пересёкших до этого дальнюю границу, для чего сохраняют в памяти данные об обнаруженных транспортных средствах на дальней границе во время действия предыдущих разрешающего и запрещающего сигналов, сравнивают их с данными транспортных средств, пересекающих ближнюю границу до полного совпадения;

- дальнюю границу обнаружения устанавливают на расстоянии 50-300м от перекрёстка, а ближнюю границу непосредственно перед перекрёстком;

- переключение на запрещающий сигнал светофора в любом из

регулируемых направлении осуществляют после пересечения ближней границы этого направления транспортными средствами, пересёкшими дальнюю границу за время действия запрещающего и предшествующего разрешающего сигнала и находившимися между дальней и ближней границами подъезда к перекрёстку;

125 - длительность запрещающего сигнала светофора в любом из регулируемых направлений определяют по длительности разрешающего сигнала в направлении, пересекающем данное направление;

- длительность разрешающего сигнала определяют с учётом проезда перекрёстка транспортными средствами как в прямом, так и во встречном
130 направлениях;

- при не обнаружении транспортных средств во время действия запрещающего сигнала в каком-либо из пересекающихся направлений переключение на разрешающий сигнал не осуществляют, но начинают новый отсчёт длительности запрещающего сигнала, а при отсутствии транспортных
135 средств в течение заранее установленного количества периодов подряд запрещающего сигнала, разрешающий сигнал включают на фиксированное время;

- при увеличении временного интервала между обнаружением пересекающих ближнюю границу транспортных средств, из числа пересёкших ранее дальнюю границу, выше среднего значения на заданную величину,
140 разрешающий сигнал светофора меняют на запрещающий, а те транспортные средства, которые не пересекли ближнюю границу к этому времени, считают припаркованными;

- при снижении интенсивности движения через перекрёсток ниже порогового значения включают сигнал «мигающего жёлтого» или осуществляют
145 переключение сигналов светофора с фиксированной длительностью;

- ответный радиосигнал формируют с помощью узла идентификации так, чтобы, по меньшей мере, один из параметров ответного радиосигнала был связан с идентификационными данными транспортного средства;

- в качестве узлов идентификации используют пассивные или активные
150 радиометки RFID.

Задачей и обусловленным ею техническим результатом является расширение области применения за счёт повышения надёжности обнаружения и

идентификации транспортных средств, движущихся на участке дороги перед
155 светофором и повышения эффективности светофорного регулирования за счёт
возможности автоматической адаптации сигналов светофора к изменяющейся
плотности потоков транспортных средств.

Указанный технический результат достигается тем, что в устройство для
осуществления способа регулирования движения транспортных средств
160 содержащее светофор, введены: узлы идентификации, закреплённые на
транспортном средстве, дальний и ближний узлы обнаружения, установленные на
участке дороги перед перекрёстком и взаимодействующие с узлами
идентификации по радиоканалу, узел вычисления с блоком памяти, выходы
дальнего и ближнего узлов обнаружения подключены к соответствующим входам
165 узла вычисления, выход которого подключён ко входу светофора, узлы
обнаружения содержат антенну, передатчик и приёмник радиосигнала с блоком
декодирования идентификационных данных транспортного средства, а узел
идентификации содержит, приёмник и передатчик ответного сигнала,
содержащего кодовое слово с идентификационными данными транспортного
170 средства.

Кроме того: - дальний узел обнаружения установлен на расстоянии 50 –
300м. от перекрёстка, а ближний – непосредственно перед перекрёстком;

- узлы обнаружения устанавливаются под полотном дорожного покрытия;
- узел вычисления подключён ко входу светофора через формирователь
175 сигналов переключения, обеспечивающий необходимое согласование уровней
сигналов;

- в качестве узлов идентификации используют пассивные или активные
радиометки RFID;

- узел идентификации снабжён антенной.

180

Промышленная применимость

Способ регулирования движением транспортных средств и устройство для
его осуществления поясняется с помощью чертежей, где на Фиг. 1 показан
185 участок дороги перед перекрёстком с накопившимися перед ним транспортными
средствами; на Фиг. 2 – пример регулируемого перекрёстка с установленными

светофорами и расположением узлов обнаружений на проезжей части дороги; на Фиг. 3 - схема ориентации диаграммы направленности узлов обнаружения; на Фиг. 4 - структурная схема устройства для осуществления способа регулирования
190 движения транспортных средств; на Фиг. 5 – алгоритм работы вычислительного устройства.

На чертежах сделаны следующие обозначения: 1 – проезжая часть дороги перед светофором; 2 – линии разметки дороги; 3 и 4 – узлы обнаружения, соответственно, ближней и дальней границ подъезда к перекрёстку, (ближний и
195 дальний узлы обнаружения); 5 - транспортные средства; 6 – диаграмма направленности антенны узла обнаружения; 7 – узел сравнения; 8 - радиоканал; 9 и 10 – антенны ближнего и дальнего узлов обнаружения, соответственно; 11 – узел вычисления; 12 – антенна узла идентификации; 13 – формирователь сигнала переключения светофора; 14 – блок памяти; 15 – светофор; 16 - узел
200 идентификации транспортного средства; 17 - стоп-линия разметки перед светофором; 18 – расстояние от перекрёстка и установленного на нём светофора до дальней границе подъезда к перекрёстку; 19 – направление движение (направление I); 20 - пересекающее направление (направление II); 21 – ввод установочных данных (пороговое количество циклов подряд с отсутствием
205 транспортных средств, величина фиксированной длительности разрешающего сигнала и пр.); 22 - включение запрещающего сигнала на направлении I; 23 - включение разрешающего сигнала на направлении II; 24 – начало накопления массива данных о транспортных средствах, пересекающих дальнюю границу направления II на дальней границе для следующего цикла; 25 – сравнение
210 идентификационных данных транспортных средств, обнаруженных на ближней границе с массивом данных транспортных средств, обнаруженных на дальней границе (содержимое блока памяти) направления II; 26 - проверка отсутствия обнаруженных транспортных средств перед светофором в течении нескольких периодов подряд запрещающего сигнала на направлении I; 27 - включение
215 запрещающего сигнала на направлении II; 28 – включение разрешающего сигнала на направлении I; 29 – начало накопления массива данных о транспортных средствах, пересекающих дальнюю границу направления I на дальней границе для следующего цикла; 30 - сравнение данных транспортных средств, обнаруженных на ближней границе с данными транспортных средств, обнаруженных на дальней

- 220 границы (содержимое блока памяти) на направлении I; 31 - проверка отсутствия обнаруженных транспортных средств перед светофором в течении нескольких периодов подряд запрещающего сигнала на направлении II; 32 - суммирование количества периодов включения запрещающего сигнала в направлении I, в которых отсутствуют транспортные средства перед светофором; 33 -
- 225 суммирование периодов включения запрещающего сигнала на направлении II, в которых отсутствуют транспортные средства перед светофором.

- Способ регулирования движением транспортных средств на перекрестке заключается в регулировании движения с помощью светофора, при этом
- 230 осуществляют обнаружение и идентификацию транспортных средств, подъехавших к перекрёстку и установленному на нём светофору на расстояние ближе установленного заранее и определяемого дальней границей подъезда к светофору, для чего предварительно устанавливают на транспортных средствах узлы их идентификации, устанавливают также в заранее определённых местах
- 235 дальней и ближней границ подъезда к перекрёстку узлы обнаружения транспортных средств, с помощью которых зондируют радиосигналом пространство в месте их установки. С помощью узлов идентификации транспортных средств, попавших в зону радиозондирования формируют ответные сигналы, содержащие кодовое слово с идентификационными данными
- 240 соответствующего транспортного средства, обнаруживают, принимают и декодируют с помощью узлов обнаружения эти ответные сигналы. Длительность разрешающего сигнала в регулируемом направлении устанавливают равной не менее того времени, за которое транспортные средства из числа пересёкших дальнюю границу подъезда во время действия запрещающего сигнала а также
- 245 предыдущего разрешающего сигнала, завершат пересечение ближней границы подъезда.

- Момент завершения пересечения ближней границы подъезда транспортными средствами из числа пересёкших дальнюю границу подъезда во время действия запрещающего сигнала а также предыдущего разрешающего
- 250 сигнала, определяют моментом совпадения данных о транспортных средствах, пересекающих ближнюю границу с данными о всех транспортных средствах, пересёкших до этого дальнюю границу, для чего сохраняют данные об

обнаруженных транспортных средствах на дальней границе во время действия запрещающего и предыдущего разрешающего сигналов, сравнивают их с
255 данными транспортных средств, пересекающих ближнюю границу до полного совпадения.

Дальнюю границу обнаружения устанавливают под полотном дорожного покрытия на расстоянии 50-300м от перекрёстка, а ближнюю границу непосредственно перед перекрёстком.

260 Переключение на запрещающий сигнал светофора в любом из регулируемых направлении осуществляют после пересечения ближней границы этого направления транспортными средствами, пересёкшими дальнюю границу за время действия запрещающего и предшествующего разрешающего сигнала и находящимися между дальней и ближней границами подъезда к перекрёстку.

265 Длительность запрещающего сигнала светофора в любом из регулируемых направлений определяют длительностью разрешающего сигнала в направлении, пересекающем данное направление. Длительность разрешающего сигнала определяют с учётом проезда перекрёстка транспортными средствами, как в прямом, так и во встречном направлении;

270 При не обнаружении транспортных средств во время действия запрещающего сигнала в каком-либо из пересекающихся направлений переключение на разрешающий сигнал не осуществляют, но начинают новый отсчёт длительности запрещающего сигнала, а при отсутствии транспортных средств в течение заранее установленного количества периодов подряд
275 запрещающего сигнала, разрешающий сигнал включают на фиксированное время, определяемое таймером.

При увеличении временного интервала между обнаружением пересекающих ближнюю границу транспортных средств, из пересёкших ранее дальнюю границу, выше среднего значения на заданную величину, разрешающий сигнал меняют на
280 запрещающий, а транспортные средства, которые не пересекли ближнюю границу, считают припаркованными.

При снижении интенсивности движения через перекрёсток ниже порогового значения, в том числе при полном отсутствии обнаруженных транспортных средств, включают сигнал «мигающего жёлтого» или осуществляют
285 переключение сигналов светофора с фиксированной длительностью;

Ответный радиосигнал формируют с помощью узла идентификации так, чтобы, по меньшей мере, один из параметров ответного радиосигнала был связан с идентификационными данными транспортного средства. Такими параметрами могут быть, например фаза сигнала при фазовой модуляции, частота сигнала при
290 частотной модуляции, амплитуда сигнала при амплитудной модуляции, либо их комбинации.

В качестве узлов идентификации используют пассивные или активные радиометки RFID.

Заявленный способ реализуется следующим образом.

295 . На транспортных средствах устанавливают узлы идентификации, которые представляют собой приёмник, обеспечивающий согласованный приём радиосигнала, генерируемого узлами обнаружения и формирователь ответного радиосигнала – передатчик. При этом передатчик выполнен таким образом, что в формируемом им ответном сигнале содержится кодовое слово,
300 идентифицирующее данное транспортное средство. Такая структура ответного сигнала обеспечивает возможность идентификации транспортного средства, перемещающегося мимо места установки узла обнаружения.

Узлы обнаружения, устанавливают, по меньшей мере, в двух местах перед перекрёстком: на дальней границе, которая может располагаться на расстоянии от
305 50 до 300м. перед перекрёстком, и на ближней границе – непосредственно перед перекрёстком, например, в месте разметки стоп-линии перед светофором, установленным на перекрёстке. Установка узлов обнаружения может быть осуществлена на столбах, фермах или под дорожным полотном.

Если дорожное полотно имеет несколько полос движения в одном
310 направлении, то узлы обнаружения устанавливаются на каждой полосе.

Любой перекрёсток, в том числе регулируемый, характеризуется наличием, по меньшей мере, двух пересекающихся направлений. Далее по тексту для различения направлений одно из них обозначается «направлением движения» или «направление I», другое – «пересекающим направлением» или «направление II»,
315 при этом как направление движения, так и пересекающее направление могут иметь на перекрёстке соответствующие встречные направления. Каждое направление движения может иметь более одной полосы движения. Движение в различных направлениях перекрёстка может иметь разную интенсивность или

плотность потока, определяемые, как количество проезжающих в данном
320 направлении транспортных средств в единицу времени.

Транспортные средства, приближаясь к регулируемому перекрёстку, пересекают дальнюю границу подъезда. В этот момент, в ответ на зондирующий сигнал узла обнаружения, установленного на дальней границе подъезда, узел идентификации транспортного средства формирует ответный сигнал, содержащий
325 кодовое слово с данными о транспортном средстве, который принимается приёмником узла обнаружения. При пересечении ближней границы подъезда, то есть фактически при выезде на перекрёсток, также происходит обнаружение и идентификация транспортного средства. Транспортное средство, выехавшее на перекрёсток, считается миновавшим этот перекрёсток. В результате,
330 учитываются все транспортные средства, пересекающие дальнюю и ближнюю границы подъезда к перекрёстку и соответствующему светофору.

- Во время действия запрещающего (красного) сигнала светофора, все транспортные средства, оказавшиеся между дальней и ближней границами подъезда к перекрёстку, накапливаются перед светофором, а их данные
335 запоминаются в памяти, как ожидающих своей очереди для проезда регулируемого перекрёстка.

После переключения сигнала светофора на разрешающий (зелёный) сигнал, всем этим транспортным средствам, скопившимся перед светофором, то есть между ближней и дальней границами подъезда, позволяют миновать перекрёсток
340 для чего выявляют, то есть обнаруживают и одновременно идентифицируют транспортные средства, пересёкшие ближнюю границу, сравнивают их идентификационные данные с данными транспортных средств, скопившихся перед светофором до включения разрешающего сигнала и сохраняют действие разрешающего сигнала до тех пор, пока эти, зафиксированные как накопившиеся
345 в очереди перед светофором все транспортные средства, не пересекут ближнюю границу.

В то время как эти транспортные средства, зафиксированные как скопившиеся перед светофором во время действия запрещающего сигнала, покидают перекрёсток, дальнюю границу могут пересекать вновь подъезжающие
350 транспортные средства, которым уже не будет позволено пересечь ближнюю границу в течение действия данного разрешающего сигнала, так как

запрещающий сигнал включится после проезда ближней границы последнего из транспортных средств, зафиксированных как накопившиеся перед светофором во время действия предыдущего запрещающего сигнала. Такие вновь подъезжающие
355 транспортные средства накапливаются перед светофором, до следующего включения разрешающего сигнала, когда и им будет позволено пересечь ближнюю границу подъезда к перекрёстку.

Таким образом, разрешающий сигнал светофора длится до тех пор, пока все зафиксированные в очереди до его включения транспортные средства не
360 пересекут ближнюю границу подъезда, после чего вновь включается запрещающий сигнал.

Если во время действия разрешающего сигнала будет наблюдаться превышение среднего интервала между обнаружением пересекающих ближнюю границу транспортных средств из числа зафиксированных в очереди выше
365 порогового, например, более чем в 5 раз, то разрешающий сигнал меняют на запрещающий, а транспортные средства из числа зафиксированных в очереди, которые не пересекли ближнюю границу считают припаркованными.

Момент включения разрешающего сигнала определяет начало цикла переключения, а конец действия запрещающего сигнала — конец цикла
370 переключения. В общем случае цикл переключений включает в себя интервал разрешающего сигнала и следующий за ним интервал запрещающего сигнала. Длительность сигналов светофора не является постоянной величиной, а зависит от количества скопившихся транспортных средств, их габаритами (длиной), дистанции между ними, скоростью их движения и пр. Начало цикла
375 переключения, определяет момент начала формирования новой очереди, состоящей из транспортных средств не успевших проехать ближнюю границу подъезда до включения запрещающего сигнала светофора и транспортных средств, подъехавших уже во время действия этого запрещающего сигнала светофора. Таким образом, начало каждого нового цикла характеризуется тем,
380 что учёт скопившихся транспортных средств начинают заново.

Одновременная с обнаружением транспортных средств идентификация этих транспортных средств, позволяет обеспечить надёжный (с высокой степенью точности) учёт транспортных средств подъехавших к перекрёстку и покинувших перекрёсток.

385 Когда в направлении движения включен запрещающий сигнал светофора, в
пересекающем направлении наоборот действует разрешающий сигнал, который
также длится до тех пор, пока все транспортные средства, пересекающего
направления, зафиксированные в очереди, пересекут соответствующую ближнюю
границу подъезда, то есть минуют регулируемый перекрёсток, после чего в
390 пересекающем направлении вновь включается запрещающий, а в направлении
движения - разрешающий сигнал светофора.

Таким образом, переключение светофора на запрещающий сигнал
происходит по завершении пересечения ближней границы подъезда всеми
транспортными средствами, скопившимися между дальней и ближней границами
395 подъезда до включения этого разрешающего сигнала, при этом длительность
разрешающего сигнала определяется временем проезда через перекрёсток всех,
скопившихся в данном направлении транспортных средств до окончания действия
предыдущего запрещающего сигнала светофора. Это касается как направления
движения, так и пересекающего направления, то есть, в любом направлении
400 регулируемого перекрёстка длительность разрешающего сигнала светофора
определяются в результате исполнения одних и тех же действий,
обеспечивающих возможность прохождения перекрёстка всем транспортным
средствам, скопившимся перед светофором за время предыдущего запрещающего
сигнала в соответствующем направлении.

405 - При наличии встречных регулируемых направлений на перекрёстке
длительность запрещающего сигнала светофора в пересекающем и встречном к
нему направлении определяется временем, за которое все транспортные средства,
скопившиеся до окончания действия запрещающего сигнала в направлении
движения и встречном ему направлении, пересекут перекрёсток. И наоборот
410 длительность запрещающего сигнала в направлении движения определяется
временем, за которое все транспортные средства, скопившиеся перед светофором
до окончания действия запрещающего сигнала на пересекающем и встречном ему
направлении, пересекут перекрёсток.

Свойством заявленного способа является автоматическая адаптация
415 длительности действия сигналов светофора, к изменению интенсивности
движения (плотности потоков) пересекающихся направлений, путем обеспечения
возможности проезда перекрестка всем транспортным средствам, независимо от

их типа и количества, зафиксированным в очереди перед перекрестком во время запрещающего сигнала светофора, занявшим участок перед светофором
420 определённой длины, за счет обнаружения и идентификации всех транспортных средств, пересекающих дальнюю и ближнюю границы подъезда к светофору во время действия запрещающего и разрешающего сигналов светофора. Регулирование предполагает поочерёдный пропуск через перекрёсток порций транспортных средств, занявших дорожный участок перед светофором
425 определённой длины, что позволяет автоматически учесть в регулировании такие факторы, как неодинаковые габариты транспортных средств, неодинаковые дистанции между транспортными средствами, снижение скорости проезда из-за различных помех, взаимный обгон и пр. Пока очередная порция транспортных средств не пересечёт перекрёсток сигнал светофора не изменится, не зависимо от
430 скорости её движения.

Следствием свойства автоматической адаптации длительности действия сигналов светофора к изменению интенсивности движения взаимно-пересекающихся направлений, является выравнивание интенсивности движения во всех направлениях перекрёстка, что позволяет повысить эффективность
435 управления движением транспортной системы в целом.

При увеличении разницы в интенсивности движения пересекающихся направлений регулируемого перекрёстка может возникнуть ситуация, когда в одном из направлений подъезжающие транспортные средства отсутствуют длительное время или их количество незначительно (разница в интенсивности
440 превышает пороговую величину). Чтобы избежать не нужной задержки транспорта в направлении, пересекающем данное, в момент, когда должно произойти переключение на разрешающий сигнал в данном направлении этого переключения не производят. При этом последующий цикл переключении получается не полным, так как отсутствует интервал разрешающего сигнала, но с
445 момента, когда это переключение на разрешающий сигнал должно было бы произойти продолжают учитываться и запоминаться подъезжающие транспортные средства.

Если данная ситуация с запретом переключений на разрешающий сигнал повторяется несколько раз подряд, (например 5 раз), то светофор переключается
450 на разрешающий сигнал на время, равное, например, времени предыдущего

разрешающего сигнала, или на фиксированное время установленное таймером (например 60 сек). Это позволяет пропустить накопившиеся единичные транспортные средства и исключить накопления ошибок регулирования, например, из-за ошибок в обнаружении транспортных средств и их
455 идентификации, либо непредусмотренного появления транспортных средств, выехавших, например, с прилегающих территорий, находящихся ближе дальней границы, либо для пропуска пешеходов.

Если интенсивность движения снижается во всех направлениях, и, соответственно, длительность цикла переключения светофора становится менее
460 пороговой, то светофор переходит на управление по таймеру с фиксированной длительностью, либо в режим «мигающего жёлтого».

При увеличении количества транспортных средств в любом направлении или увеличении среднего времени проезда транспортных средств между дальней и ближней границами подъезда к светофору, переключающемуся по таймеру с
465 фиксированной длительностью или в режиме «мигающего жёлтого», хотя бы в одном из этих направлений более некоторого заранее установленного значения, регулирование перекрёстка вновь устанавливается в соответствии с вышеописанным.

Пример.

470 Транспортные средства, оборудованные узлами идентификации, приближаясь к светофору пересекают дальнюю границу подъезда, расположенную перед перекрёстком и его светофором на расстоянии 150м. Ближняя граница подъезда установлена в районе линии остановки (стоп-линии) светофора. Таким образом, между светофором и дальней границей подъезда к
475 перекрёстку, в зависимости от габаритов транспортных средств, может скопиться примерно от 15 до 25 транспортных средств.

На ближней и дальней границах подъезда к перекрёстку предварительно встроенные под дорожным полотном приёмо-передающие узлы обнаружения, обеспечивают излучение радиосигналов в направлении возможного нахождения
380 транспортного средства. Главный лепесток диаграммы направленности антенны узла обнаружения направлен вверх и имеет ширину около 100 градусов. Узел идентификации проезжающего мимо транспортного средства, попадая в зону действия узла обнаружения, формирует ответный радиосигнал, позволяющий

обнаружить данное транспортное средство. Так как ответный радиосигнал узла
485 идентификации содержит кодовое слово, соответствующее только данному
транспортному средству, то исключается возможность ошибочного учёта
ответных сигналов от боковых лепестков диаграмм направленности антенн узлов
обнаружения и идентификации данного транспортного средства, так что одно
транспортное средство учитывается один раз, независимо от количества ответных
490 сигналов, принятых узлом обнаружения.

При переключении светофора на запрещающий сигнал выявляют
транспортные средства, накопившиеся перед светофором между дальней и
ближней границами. Для этого на дальней границе осуществляют обнаружение и
идентификацию транспортных средств, пересёкших эту границу, данные этих
495 транспортных средств сохраняют в памяти и они фиксируются как накопившиеся
перед светофором. Ближнюю границу эти транспортные средства не пересекают
ввиду запрещающего сигнала.

При включении разрешающего сигнала светофора начинают выявлять
транспортные средства, пересекающие ближнюю границу, из ранее пересёкших
500 дальнюю границу. Для этого данные об обнаруженных на ближней границе
транспортных средствах сравнивают со сведениями о транспортных средствах,
накопившихся перед светофором во время действия запрещающего и
предыдущего разрешающего сигналов светофора транспортных средствах и при
совпадении считают, что данное транспортное средство покинуло перекрёсток.
505 Разрешающий сигнал длится в течение времени, позволяющем всем
транспортным средствам, накопившимся перед светофором за время действия
запрещающего сигнала, а также из числа, не успевших до его включения,
пересечь ближнюю границу, после чего сигнал переключается на запрещающий.

Длительность разрешающего сигнала в обоих регулируемых направлениях
510 определяется одинаково, то есть в пересекающем направлении также установлены
ближняя и дальняя границы, на которых осуществляется обнаружение и
идентификация транспортных средств.

При отсутствии накопившихся транспортных средств перед перекрестком
переключение на разрешающий сигнал на данном направлении не происходит,
515 при этом длительность нового периода запрещающего сигнала определяется
длительностью разрешающего сигнала на направлении, пересекающем данное

направление. Если, эта ситуация, с отсутствием обнаружения транспортных средств, пересекающих дальнюю границу, повторяется несколько раз подряд то на этом направлении включается на фиксированное время разрешающий сигнал
520 светофора для исключения накопления ошибок регулирования, например из-за пропуска в обнаружении отдельного транспортного средства или неправильной его идентификации, а также для пропуска пешеходов.

Если во всех направлениях движется незначительное количество транспортных средств и длительность циклов переключения становится ниже
525 порогового, то включается сигнал «мигающего желтого». При увеличении интенсивности движения до порогового значения регулирование вновь становится согласно описанному выше.

Использование операции радиоопроса пространства для обнаружения транспортного средства, находящегося в зоне действия узлов обнаружения
530 обеспечивает полную надежную и достоверную идентификацию приближающихся к светофору транспортных средств, не зависящую от времени суток, года, погодных условий и освещенности, и, как следствие, повышение надёжности работы в целом.

Таким образом, осуществляется выравнивание плотности потоков
535 пересекающихся направлений перекрёстка, при наличии неравномерной загруженности регулируемых направлений. Подстройка длительности сигналов светофора под меняющиеся плотности потоков разных направлений осуществляется автоматически, путём выявления наличия и идентификации транспортных средств перед светофором во время запрещающего и
540 разрешающего сигналов и выключении разрешающего сигнала лишь по завершении проезда всех транспортных средств, скопившихся перед светофором на участке определённой длины. Такая автоматическая адаптация длительности сигналов светофора позволяет максимально выровнять интенсивность движения транспортных средств в различных пересекающихся направлениях и повысить
545 эффективность регулирования и управление движением транспорта в целом.

Применение предложенных двойного радиочастотного обнаружения и идентификации обеспечивает высокую надёжность обнаружения и идентификации транспортных средств при любых погодных условиях, в условиях плохой видимости и любой интенсивности движения транспортных средств.

559 Заявленный способ может быть реализован с использованием стандартных компонентов и радиоэлементов: металлических конструкций и креплений, стандартных микросхем, СВЧ излучателей и пр.

Таким образом, заявленный способ обеспечивает расширение области применения при его использовании за счет повышения надёжности обнаружения
555 и идентификации транспортных средств, движущихся на участке дороги перед светофором и повышение эффективности светофорного регулирования движением на перекрестке за счёт автоматической адаптации длительности сигналов светофора к изменяющейся плотности потоков транспортных средств.

560 Устройство для осуществления способа регулирования движением транспортных средств содержит светофор, формирователь сигнала переключения светофора, узел идентификации с антенной, закреплённый на транспортном средстве, дальний и ближний узлы обнаружения, установленные под дорожным полотном на участке дороги перед светофором, выходы дальнего и ближнего
565 узлов обнаружения подключены к соответствующим входам узла вычисления, содержащего в своём составе блок памяти, и узел сравнения. Выход узла вычисления подключён через формирователь сигнала переключения светофора к входу управления светофора, узлы обнаружения содержат передатчик и приёмник радиосигнала с антенной, а узел идентификации содержит согласованный
570 приёмник и передатчик ответного сигнала с антенной.

Дальний узел обнаружения установлен на расстоянии 50 – 300м. от светофора, а ближний – непосредственно перед светофором,

В качестве узлов идентификации используют пассивные или активные радиометки RFID.

575 Устройство для осуществления способа регулирования движением транспортных средств работает следующим образом.

Установленные под поверхностью дорожного полотна дальний и ближний узлы обнаружения обеспечивают излучение радиосигнала в сторону предполагаемого нахождения транспортного средства - в вверх. Антенны
580 приёмника и передатчика узлов обнаружения ориентированы главным лепестком вверх на проезжающие транспортные средства.

При попадании узла идентификации транспортного средства в зону

действия соответствующего узла обнаружения излучённый сигнал принимается согласованным с ним приёмником узла идентификации, и его передатчик
585 формирует ответный сигнал, содержащий кодовое слово с данными идентифицирующими данное транспортное средство, например регистрационный номер, номер кузова и пр. Ответный сигнал обнаруживается и дешифруется приёмником узла обнаружения.

Транспортное средство на подъезде к перекрёстку проезжает над
590 встроенными в полотно дороги узлами обнаружения сначала дальней, потом ближней границы подъезда, так, что транспортное средство обнаруживается дважды, сначала дальним узлом обнаружения затем ближним. Движение транспортных средств на перекрёстке регулируется с помощью установленного на нём светофора.

595 Так как ближний узел обнаружения установлен в районе стоп-линии светофора, то имеется возможность выявления скопившихся перед светофором транспортных средств, а также факта проезда регулируемого перекрёстка каждым из транспортных средств.

В результате пересечения транспортным средством дальней границы
600 подъезда формируется сигнал обнаружения транспортного средства и благодаря тому, что ответный сигнал содержит информацию о транспортном средстве, осуществляется идентификация этого транспортного средства. Данные о транспортных средствах пересёкших дальнюю границу заносятся в блок памяти.

Во время действия запрещающего сигнала светофора в одном из
605 направлений осуществляется выявление транспортных средств, скопившихся перед светофором. На направлении, пересекающем данное направление, в это время включён разрешающий сигнал светофора.

К моменту переключения на разрешающий сигнал данные обо всех
накопившихся за время запрещающего и предыдущего разрешающего сигналов
610 перед светофором транспортных средствах заносятся в блок памяти.

Длительность разрешающего сигнала определяется временем, за которое
узел обнаружения ближней границы будут обнаружены и идентифицированы
все транспортные средства, данные о которых накопились в блоке памяти. Так как
операции вычисления происходят в реальном времени, без какой - либо
615 существенной задержки, то и проехать светофор до запрещающего сигнала имеют

возможность лишь те транспортные средства, которые ожидали разрешающего сигнала перед включением разрешающего сигнала, то есть те транспортные средства, которые скопились перед светофором во время действия запрещающего сигнала, а также те, которые не успели проехать перекрёсток за время
620 предыдущего разрешающего сигнала.

Работа устройства в течение разрешающего, а затем запрещающего сигналов светофора образует цикл переключения.

На время разрешения проезда в блоке памяти содержатся данные о тех транспортных средствах, которые подъехали к светофору во время действия
625 запрещающего сигнала, а также о тех, которые не успели проехать перекрёсток за время действия предыдущего разрешающего сигнала. Содержание блока памяти обновляется в момент переключения запрещающего сигнала на разрешающий.

При отсутствии транспортных средств на дороге, сигналы обнаружения с выхода узла обнаружения на дальней границе не поступают и блок памяти не
630 заполняется. В этом случае после окончания интервала запрещающего сигнала переключения на разрешающий сигнал не происходит, начинается отчёт нового запрещающего периода.

Для исключения возможности накопления ошибок, связанных со сбоями в обнаружении или неправильной идентификацией, а также для разрешения
635 возможного пешеходного движения, когда несколько раз подряд отсутствует переключение на разрешающий сигнал, например 5 раз, то на данном направлении включается разрешающий сигнал фиксированной длительностью, например, 60 сек. При этом попытки обнаружить транспортные средства на дальней границе продолжаются. При наличии обнаружения транспортных средств
640 или увеличении интенсивности движения выше порогового значения устройство переходит в обычный режим работы, описанный выше.

Узлы обнаружения установлены в обоих пересекающихся направлениях регулируемого перекрёстка, в том числе и на встречных к ним направлениях, а узел вычисления работает по одному и тому же алгоритму для всех этих
645 напавлений, при этом разрешающий сигнал для одного направления соответствует запрещающему сигналу пересекающего направления. Кроме того, наличие транспортных средств оценивается с учётом полос встречного движения для каждого из пересекающихся направлений, то есть разрешающий сигнал

длиться до тех пор, пока транспортные средства, накопившиеся перед
650 перекрёстком, как в прямом, так и во встречном направлениях покинут
перекрёсток.

Использование операции радиоопроса пространства для обнаружения
транспортного средства, находящегося в зоне действия узлов обнаружения
обеспечивает полную идентификацию приближающихся к светофору
655 транспортных средств, не зависящую от погодных условий, освещенности,
плотности движения и пр. и, как следствие, повышение надёжности работы
устройства в целом.

В результате использования заявленного устройства осуществляется
равномерное регулирование перекрёстка в случае неравномерных потоков
660 пересекающихся на регулируемом перекрёстке направлений и выравнивание
интенсивностей движения пересекающихся направлений при наличии их
неравномерности. Подстройка под меняющиеся интенсивности потоков разных
направлений осуществляется автоматически, путём выявления наличия
транспортных средств перед светофором во время запрещающего и
665 разрешающего сигналов и предоставления им возможности проезда перекрестка.
Такая автоматическая адаптация регулирования позволяет максимально
выровнять потоки движения в различных пересекающихся направлениях.

Формирователь сигнала переключения светофора обеспечивает
необходимый уровень и форму выходного сигнала для управления светофором и
670 может быть выполнен в виде усилителя мощности, на основе ключевых
элементов.

Узел вычисления может быть выполнен на основе процессора, либо на
основе элементов цифровой логики, реализующих алгоритм в соответствии
схемой на фиг. 5, который предусматривает предварительное введение
675 необходимых параметров, таких как время фиксированной длительности
разрешающего сигнала, количество циклов подряд, необходимых для перехода на
разрешающий сигнал и пр. и последующее исполнение операций безусловного и
условного переходов в соответствии со схемой. При этом направлением «да» для
операторов условных переходов на схеме является направление вниз, а
680 направление «нет» - в сторону.

Передачики и приёмники узлов обнаружения и узлов идентификации

выполнены с использованием стандартных радиоэлементов.

Таким образом, заявленное устройство обеспечивает расширение области применения за счёт повышения надёжности обнаружения и идентификации транспортных средств, движущихся на участке дороги перед светофором и повышения эффективности светофорного регулирования за счёт возможности автоматической адаптации к изменяющейся плотности потоков транспортных средств.

685
690

695

700

705

710

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

- 1. Способ регулирования движения транспортных средств заключающийся в регулировании движения на перекрестке с помощью светофора, отличающийся тем, что осуществляют обнаружение и идентификацию транспортных средств, приближающихся к перекрёстку на расстояние ближе заранее установленного, для чего предварительно устанавливают на транспортных средствах узлы их идентификации, устанавливают в заранее определённых местах дальней и ближней границ подъезда к перекрёстку узлы обнаружения транспортных средств, с помощью которых зондируют радиосигналом пространство в месте их установки, с помощью узлов идентификации транспортных средств, попавших в зону радиозондирования формируют ответные сигналы, содержащие кодовое слово с идентификационными данными соответствующего транспортного средства, обнаруживают и декодируют с помощью узлов обнаружения эти ответные сигналы, а длительность разрешающего сигнала светофора устанавливают равной не менее того времени, за которое транспортные средства, из числа пересёкших дальнюю границу подъезда данного направления во время действия запрещающего сигнала светофора, а также предыдущего разрешающего сигнала светофора, завершат пересечение ближней границы подъезда к перекрёстку.

2. Способ по п. 1 отличающийся тем, что момент завершения пересечения ближней границы подъезда транспортными средствами, из числа пересёкших дальнюю границу подъезда данного направления во время действия запрещающего сигнала светофора, а также предыдущего разрешающего сигнала светофора, определяют моментом совпадения данных о транспортных средствах, пересекающих ближнюю границу с данными о транспортных средствах, пересёкших до этого дальнюю границу, для чего сохраняют в памяти данные об обнаруженных транспортных средствах на дальней границе во время действия предыдущих разрешающего и запрещающего сигналов, сравнивают их с данными транспортных средств, пересекающих ближнюю границу до полного совпадения.

3. Способ по п. 1 отличающийся тем, что дальнюю границу обнаружения устанавливают на расстоянии 50-300м от перекрёстка, а ближнюю границу непосредственно перед перекрёстком,

4. Способ по п. 1 отличающийся тем, что переключение на запрещающий

сигнал светофора в любом из регулируемых направлении осуществляют после пересечения ближней границы этого направления транспортными средствами, 750 пересёкшими дальнюю границу за время действия запрещающего и предшествующего разрешающего сигнала.

5. Способ по п. 1 отличающийся тем, что длительность запрещающего сигнала светофора в любом из регулируемых направлений определяют по 755 длительности разрешающего сигнала в направлении, пересекающем данное направление.

6. Способ по п. 1 отличающийся тем, что длительность разрешающего сигнала светофора определяют с учётом проезда перекрёстка транспортными средствами как в прямом, так и во встречном направлениях;

7. Способ по п. 1 отличающийся тем, что при не обнаружении 760 транспортных средств во время действия запрещающего сигнала светофора в каком-либо из пересекающихся направлений перекрёстка переключение на разрешающий сигнал не осуществляют, но начинают новый отсчёт длительности запрещающего сигнала, а при отсутствии транспортных средств в течение заранее установленного количества периодов подряд запрещающего сигнала светофора, 765 разрешающий сигнал включают на фиксированное время.

8. Способ по п. 1 отличающийся тем, что при увеличении временного интервала между обнаружением пересекающих ближнюю границу транспортных средств, из числа пересёкших ранее дальнюю границу, выше среднего значения на заданную величину, разрешающий сигнал светофора меняют на запрещающий, 770 а те транспортные средства, которые не пересекли ближнюю границу к этому времени, считают припаркованными.

9. Способ по п. 1 отличающийся тем, что при снижении интенсивности движения через перекрёсток ниже порогового значения включают сигнал «мигающего жёлтого» или осуществляют переключение сигналов светофора с 775 фиксированной длительностью.

10. Способ по п. 1 отличающийся тем, что ответный радиосигнал формируют с помощью узла идентификации так, чтобы, по меньшей мере, один из параметров ответного радиосигнала был связан с идентификационными данными транспортного средства.

780 11. Способ по п. 1 отличающийся тем, что в качестве узлов идентификации

используют пассивные или активные радиометки RFID.

12.. Устройство для осуществления способа регулирования движения транспортных средств содержащее светофор, отличающееся тем, что в него введены: узлы идентификации, закреплённые на транспортных средствах, 790 дальний и ближний узлы обнаружения, установленные на участке дороги перед перекрёстком и взаимодействующие с узлами идентификации по радиоканалу, узел вычисления с блоком памяти, выходы дальнего и ближнего узлов обнаружения подключены к соответствующим входам узла вычисления, выход которого подключён ко входу светофора, каждый узел обнаружения содержат 795 антенну, передатчик и приёмник радиосигнала с блоком декодирования идентификационных данных транспортного средства, а узел идентификации содержит, приёмник и передатчик для формирования ответного сигнала, содержащего кодовое слово с идентификационными данными транспортного средства.

800 13. Устройство по п. 12, отличающееся тем, что дальний узел обнаружения установлен на расстоянии 50 – 300м. от перекрёстка, а ближний – непосредственно перед перекрёстком,

14. Устройство по п. 12, отличающееся тем, что узлы обнаружения устанавливаются под полотном дорожного покрытия.

805 15. Устройство по п. 12, отличающееся тем, что узел вычисления подключён ко входу светофора через формирователь сигналов переключения, обеспечивающий необходимое согласование уровней сигналов.

16. Устройство по п. 12, отличающееся тем, что в качестве узлов идентификации используют пассивные или активные радиометки RFID.

810 17. Устройство по п. 12, отличающееся тем, что узел идентификации снабжён антенной.