

УДК: 338.1

1.3. Применение цифровых технологий для предотвращения дорожно-транспортных происшествий

Земцов А.Н.¹, Кузнецов М.А.¹, Гайс М.С. Аль-Мерри¹, Садек Сажжад¹, Тахтаров Э.Р.¹¹Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград

Интеллектуальные транспортные самоорганизующиеся сети в последние годы привлекают все больше внимания как со стороны академических исследователей, так и представителей промышленности, благодаря широкому спектру потенциальных приложений в реальных условиях эксплуатации. В результате высоких темпов роста автомобильного парка и объемов грузовых перевозок проблемы, связанные с управлением дорожным движением, растут экспоненциально. В последние годы наметилась тенденция к уменьшению количества дорожно-транспортных происшествий, но необходимо отметить, что рост трафика негативно влияет на количество дорожно-транспортных происшествий и безопасность движения в целом. В статье описаны архитектура, особенности интеллектуальных транспортных самоорганизующихся сетей и пути решения проблемы безопасности городского движения с помощью цифровых технологий.

Введение

Интенсивное расширение автомобильного парка и рост объемов грузовых перевозок в условиях преобладания зон с исторически сложившейся застройкой в крупных городах Российской Федерации приводит к перманентному увеличению интенсивности транспортных заторов [Киселев, 2018], которые стали серьезной проблемой транспортной системы мегаполисов не только в Российской Федерации, но и во всем мире. Как следствие, по различным оценкам большая часть граждан, проживающих, например, в г. Москве, проводит в среднем около 1.5 часов в день в транспортных заторах. В декабре 2024 г. Центр организации дорожного движения (ЦОДД) столичного департамента транспорта сообщал о падении средней скорости транспорта до 27 км/ч.

Производители транспортных средств стремятся сделать это ежедневное испытание более комфортным, интегрируя в транспортное средство современные мультимедийные устройства, а также различные интерфейсы беспроводной и проводной связи, в том числе для спутникового позиционирования и организации голосовой радиосвязи. Для взаимодействия, мониторинга внутренних устройств, управления и уведомления о критических процессах используется широкий класс беспроводных технологий: сетевые технологии группы стандартов Wireless Local Area Network [Gupta, 2018], сверхширокополосная радиосвязь UWB [Wang, 2021], IEEE 802.11p [Arena, 2020], технологии стандартов Long-Term Evolution (LTE) [Kwon, 2017], 5G NR [Tabassum, 2023] и др. Среди проводных технологий применяется, например, электрическая CAN-шина [Pham, 2022]. Она была разработана Robert Bosch GmbH в Германии, стала стандартным коммуникационным протоколом в автомобильной промышленности [Patsakis, 2014] и описана в спецификации Международной организации по стандартизации ISO 11898-1:2015 «Road Vehicles – Controller Area Network (CAN): Data Link Layer and Physical Signalling».

Кроме того, производители транспортных средств отмечают важность создания эффективной транспортной инфраструктуры для безопасного передвижения транспортных средств, которая помогает, прежде всего, сократить количество дорожно-транспортных происшествий. По данным Государственной автомобильной инспекции Министерства внутренних дел Российской Федерации, как показано на рисунке 1, за сутки фиксируется порядка 350–400 дорожно-транспортных происшествий, в которых погибает порядка 40–50 человек. В 2024 г. были зафиксированы 132037 дорожно-транспортных происшествий, в которых погибли 14403 человека, а 164754 человека получили травмы различной степени тяжести.

Концепция интеллектуальных транспортных самоорганизующихся сетей

Для удовлетворения требований безопасности были разработаны современные интеллектуальные методы многомодального взаимодействия социокиберфизических систем в составе интеллектуальной транспортной сети [Шилов, 2016], а также методы приобретения знаний в таких системах в процессе информационного взаимодействия ресурсов [Смирнов, 2017]. Эти методы предлагают несколько архитектурных решений для разного типа сетевого взаимодействия. Подключенные к интеллектуальной транспортной сети транспортные средства станут важными элементами будущего Интернета вещей. С увеличением количества социокиберфизических систем в интеллектуальной транспортной сети могут наблюдаться сбои при передаче сигналов между сетевыми интерфейсами социокиберфизических систем, поэтому к интеллектуальной транспортной сети выдвигаются дополнительные требования, связанные с обеспечением ее отказоустойчивости [Zemtsov, 2019].

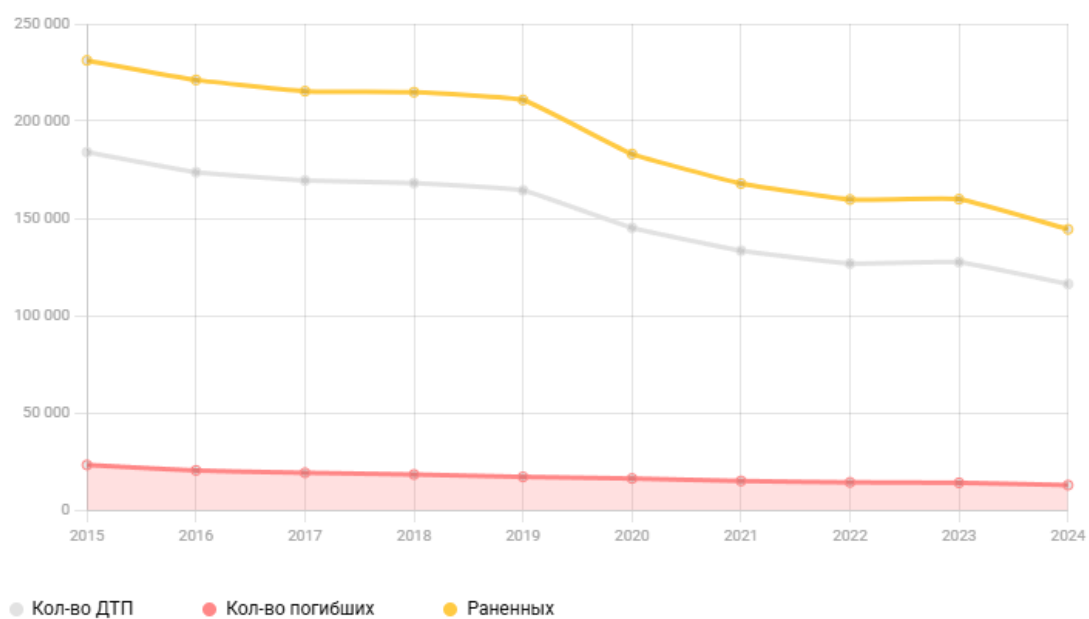


Рис.1. Распределение дорожно-транспортных происшествий по годам.

Традиционно в интеллектуальных транспортных сетях выделяют 3 модели сетевого взаимодействия [Sewalkar, 2019]: взаимодействие оборудования транспортных средств друг с другом (Vehicle-to-Vehicle, V2V), взаимодействие оборудования транспортных средств с элементами сетевой инфраструктуры (Vehicle-to-Infrastructure, V2I) и с пешеходами (V2P), которое рассматривается как отдельное архитектурное решение. С первыми двумя моделями взаимодействия связано наибольшее количество исследований, поскольку в таком случае транспортное средство обменивается данными с другими транспортными средствами, расположенными поблизости, в зависимости от особенностей протокола организации беспроводной сети [Земцов, 2024], который решает, сколько переходов может пройти сообщение. Сценарий взаимодействия оборудования транспортных средств друг с другом, как показано на рисунке 2, не включает никаких сущностей, кроме транспортных средств.

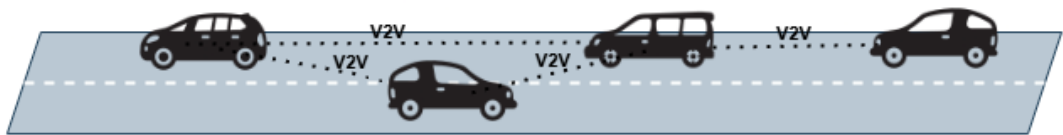


Рис. 2. Модель взаимодействия V2V.

В случае взаимодействия оборудования транспортных средств с элементами сетевой инфраструктуры транспортные средства могут обмениваться данными со стационарными антенно-мачтовыми сооружениями, в том числе умными светофорами, представляющими собой элементы телекоммуникационной инфраструктуры RSU (Road-Side Unit), размещенной на обочине дороги. В гибридной архитектуре объединяются функции нескольких моделей взаимодействия. Пешеходы и пассажиры могут также использовать средства радиосвязи для предоставления дополнительных услуг. Используя свои смартфоны с беспроводными интерфейсами, они могут легко подключаться к элементам телекоммуникационной инфраструктуры RSU и могут использовать различные сервисы путешествий, просмотра видеоконтента и т.п.

Преимущества внедрения интеллектуальных транспортных самоорганизующихся сетей
Развитием интеллектуальных транспортных сетей стали самоорганизующиеся сети. Представленная на рисунке 3 архитектура интеллектуальной транспортной самоорганизующейся сети учитывает модели взаимодействия V2V и V2I, между бортовыми блоками OBU (On-Board Unit) транспортных средств и стационарными телекоммуникационными станциями дорожной инфраструктуры RSU.

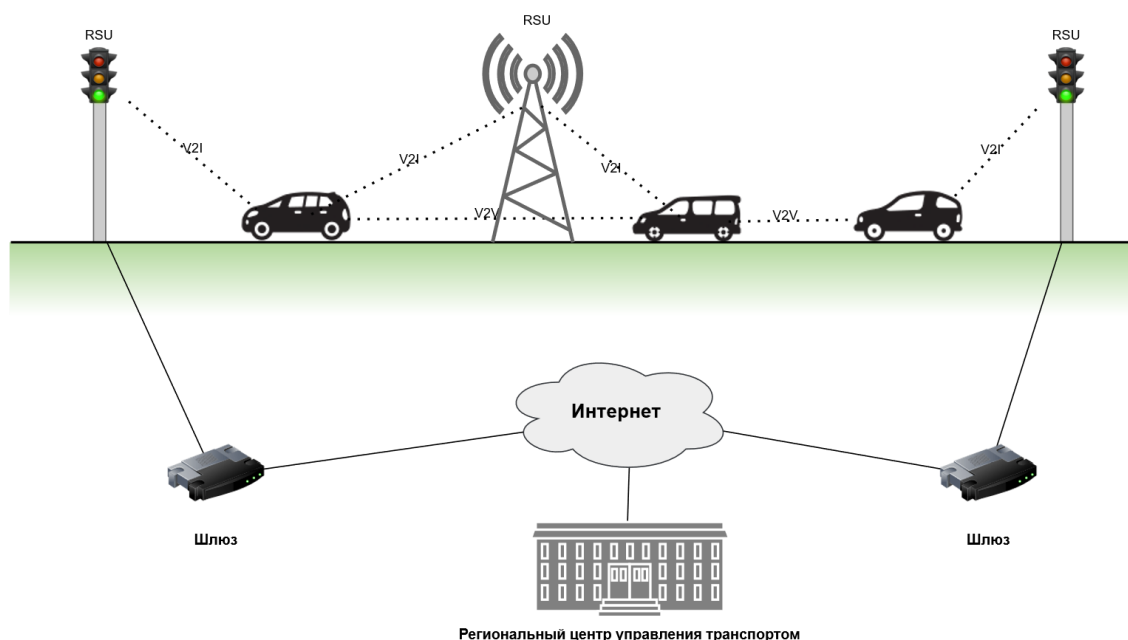


Рис. 3. Архитектура интеллектуальной транспортной самоорганизующейся сети.

Можно выделить основные преимущества внедрения интеллектуальных транспортных самоорганизующихся сетей.

Самоорганизующиеся сети лучше подходят для обеспечения безопасного вождения, повышения комфорта пассажиров и улучшения эффективности дорожного движения в целом за счет обеспечения прямого сетевого взаимодействия между транспортными средствами, движущимися в одном или противоположном направлении в случае, когда они попадают в активную зону, где могут оказать влияние на дорожную ситуацию.

Узел OBU интеллектуальных транспортных самоорганизующихся сетей обеспечивается практически неограниченным электропитанием, т.к. в последние годы наметилась тенденция к увеличению габаритов, как показано на рисунке 4. Эта тенденция, в отличие, например, от беспроводных децентрализованных самоорганизующихся сети MANET [Veeraiah, 2021], привела к появлению избыточного пространства для размещения различных датчиков, сенсоров, вычислительных блоков с высокой производительностью, антенн и модулей связи, что в совокупности с удешевлением вычислительных средств позволило существенно нарастить функциональные возможности каждого узла сети и обеспечить его надежной и высокоскоростной связью.

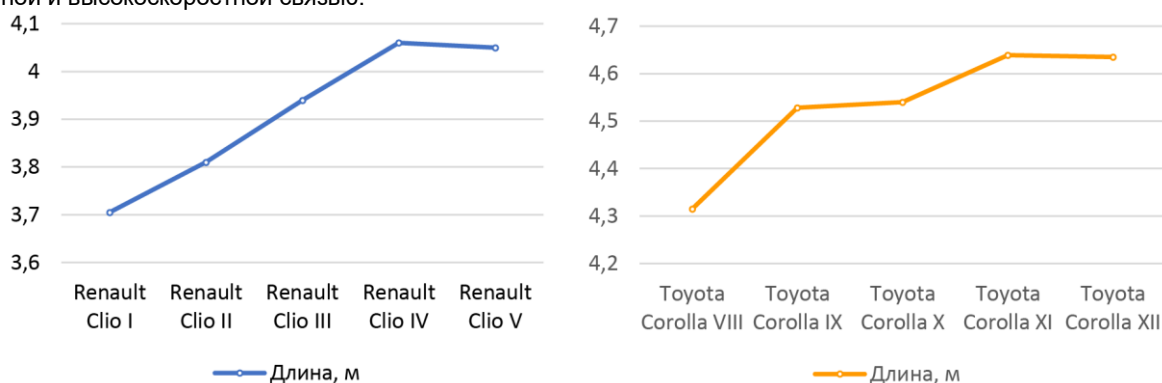


Рис. 4. Тенденция увеличения габаритов транспортных средств.

Кроме того, стоимость транспортных средств с установленным новым оборудованием может удерживаться на привлекательном для потребителя уровне. Это может быть достигнуто за счет государственных субсидий.

Появление и внедрение новых стандартов средств связи позволяют эффективно взаимодействовать узлам сети, оперативно отправлять уведомления об изменении дорожной ситуации [Ярцев, 2018] (например, о необходимости экстренного торможения), а также способствуют повышению качества принятия решений водителями, предоставляя им более полную картину дорожных условий. Кроме того, повышается уровень комфорта водителя и пассажиров, их информированности о точках интереса, таких как ближайшая заправочная станция, торговые центры, аптеки и организации общественного питания, предоставляются услуги мультимедиа, а также персональной цифровой мобильной радиосвязи. Для

качественной организации персональной цифровой мобильной радиосвязи и просмотра видеоконтента необходимо обеспечивать передачу трафика с минимальными задержками с учетом уровня обслуживания QoS [Антоненко, 2020]. Для этого в современных интеллектуальных транспортных самоорганизующихся сетях могут применяться стратегии диспетчеризации трафика [Земцов, 2019].

Развитие вычислительных средств привело к появлению возможности осуществлять интеллектуальное управление трафиком, благодаря чему стало возможным увеличить среднюю скорость и безопасность движения.

Необходимо отметить, что к особенностям интеллектуальных транспортных самоорганизующихся сетей можно отнести динамически изменяющуюся топологию: мобильные узлы сети по своей природе очень подвижны, особенно относительно стационарных RSU, скорость транспортных средств также постоянно изменяется, что существенно затрудняет управление сетью и организацию взаимодействия ее узлов.

Обеспечение безопасности в интеллектуальных транспортных сетях

Подавляющее количество дорожно-транспортных происшествий происходит по вине водителей. По данным Государственной автомобильной инспекции Министерства внутренних дел Российской Федерации в качестве трех основных факторов, чаще других приводящих к дорожным катастрофам, можно выделить следующие: превышение скорости, выезд на встречную полосу движения и управление транспортом в нетрезвом виде. К другим причинам следует отнести проезд на запрещающий сигнал светофора, а также ошибки вождения, вызванные снижением внимания.

Сервисы и приложения обеспечения безопасности интеллектуальных транспортных самоорганизующихся сетей используются для защиты транспортных средств и жизней пассажиров путем интеллектуального управления дорожным движением с помощью обмена служебными сообщениями посредством соединений типа V2V и V2I. Сообщения формируются после интеллектуального анализа данных с сенсоров транспортного средства и, в случае необходимости, например, с целью уклонения от столкновения, отправляется предупреждающее уведомление транспортному средству по принципу пространственной локальности.

При построении подобных уровневых систем выделяют несколько классов обеспечения безопасности. Основным критерием для классификации является оценка степени угрозы для жизни пассажиров и пешеходов, когда наличие высокого класса обслуживания может предотвратить опасные для жизни дорожные ситуации. В этом случае необходимо использовать специализированные математические подходы к распознаванию [Земцов, 2011]. Этот класс обеспечения безопасности имеет наивысший приоритет, надлежашая работа любого сервиса или приложения этого класса должна быть гарантирована с вероятностью 99.99%.

Умное торможение

В условиях плохой видимости, в том числе в сложных погодных условиях, в вечернее время, когда расстояние до движущегося впереди транспортного средства может быть неправильно оценено, водителю сложнее реагировать на изменения дорожной ситуации. Ряд производителей внедряет в свои разработки автоматическую систему экстренного торможения (automated emergency brake system), принцип работы которой основан на функциях оптической системы и лазерного радара [Kong, 2024]. Необходимо отметить, что автоматическая система экстренного торможения анализирует скорость расположенных впереди объектов на расстоянии до 10 м, а в условиях плохой видимости их эффективность значительно снижается.

В случае многомодального взаимодействия социобиофизических систем в автомобильной самоорганизующейся сети эта проблема решается взаимодействием с OBU движущегося впереди транспортного средства, которое отсылает уведомление о торможении соседним транспортным средствам в потоке движения.

Рассмотрим ситуацию, когда три транспортных средства движутся в одной полосе. Водитель последнего транспортного средства, как и автоматическая система экстренного торможения, не может видеть транспортное средство, движущееся первым, из-за промежуточного транспортного средства.

Если водитель транспортного средства, движущегося первым, применит торможение по какой-либо причине, водитель последнего из трех, особенно в условиях плохой видимости, не сможет это своевременно увидеть и среагировать соответствующим образом, что может привести к серьезной аварии с жертвами. Аналогично автоматическая система экстренного торможения не позволит избежать аварии, т.к. механизм визуального контроля позволит зафиксировать лишь торможение промежуточного транспортного средства. Протоколы взаимодействия OBU транспортных средств позволяют легко решить эту задачу, поскольку последнее транспортное средство получит своевременное предупреждение о торможении движущегося впереди транспортного средства.

Один из основных типов аварий по ходу следования транспортных средств – это столкновение с транспортным средством, остановившимся в полосе движения в результате какого-либо отказа. При движении в этой полосе движущееся впереди транспортное средство также будет перекрывать обзор полосы. В результате смены полосы движения водителем движущегося впереди транспортного средства, следующий за ним водитель может не успеть осуществить торможение, т.к. расстояние между ним и стоящим транспортным средством (например, грузовым автомобилем) будет сокращаться значительно интенсивнее, чем в случае, когда до осуществления торможения два автомобиля двигались с одинаковой скоростью. В случае самоорганизующейся транспортной сети все транспортные средства,

движущиеся в данной полосе, получают своевременные уведомления о препятствии и заблаговременно перейдут в безопасный скоростной режим, позволяющий избежать столкновения.

Необходимо отметить, что одной из ключевых задач применения цифровых технологий в системе управления дорожным движением является распознавание автомобильных номерных знаков. Эта технология служит для предотвращения дорожно-транспортных происшествий, последующего расследования их причин, установления виновных лиц и привлечения их к ответственности. Она также применяется при поиске и отслеживании транспортных средств, автоматическом взимании платы за проезд по платным автодорогам, а также при оказании услуг платной парковки [Земцов, 2023].

Контроль слепых зон

При движении часто возникают ситуации, когда водитель принципиально не сможет видеть другое транспортное средство из-за того, что оно находится в слепой зоне водителя. Современные оптические системы контроля слепых зон также имеют ряд существенных ограничений: не работают при прохождении крутых поворотов и движении задним ходом, не обнаруживают велосипедистов и водителей мопедов, а также перестают функционировать при использовании прицепа, поскольку он перекрывает обзор видеокамерам системы на соседние полосы.

Кроме того, в условиях плохой видимости (дождь, снегопад, туман, темное время суток) эффективность использования видеокамер значительно снижается.

Необходимо отметить, что в оптических системах возможны ложные срабатывания, когда система контроля слепых зон принимает за транспортное средство отражения света от дорожного полотна или тени [Bektache, 2021].

В случае самоорганизующейся транспортной сети протокол межсетевого взаимодействия транспортных средств уведомляет водителя о нахождении препятствия в слепой зоне, а также вырабатывает управляющие сигналы, блокирующие возможность выполнения маневра в сторону транспортного средства, располагающегося в слепой зоне.

Интеллектуальная поддержка при обгоне

Обгон является одним из наиболее опасных маневров. При выполнении этого маневра водитель должен убедиться, что транспортное средство, движущееся во встречном направлении, находится на достаточном расстоянии. Если в зоне обгона появляется встречное транспортное средство, обоим водителям выводится предупреждение, которое информирует их об опасности столкновения. Если опасность сохраняется, предупреждение сменяется строгим сигналом, побуждающим водителя прекратить обгон и вернуться на свою полосу. Водители, выполняющие обгон, не должны игнорировать предупреждение системы о том, что их маневр опасен.

Если водители транспортных средств, движущихся во встречном по отношению друг к другу направлении, не реагируют на предупреждение, бортовые компьютеры транспортных средств автоматически запускают процесс экстренного торможения.

Интеллектуальная поддержка при движении

Этот набор сервисов позволяет осуществлять поддержку при движении. Например, если водитель транспортного средства имеет намерение сменить полосу движения, по которой он едет, на другую полосу, которую вскоре займет другое транспортное средство, возникает необходимость в автоматическом предотвращении их столкновения. Еще одним примером опасной типовой дорожной ситуации, приводящей к дорожно-транспортному происшествию, является маневр обгона. OBU транспортного средства осуществляет мониторинг других транспортных средств в контактной зоне движения с помощью взаимодействия V2V. Если в зоне возможного обгона обнаружено встречное или попутное транспортное средство, водителю направляется предупреждающий сигнал об опасности выполнения маневра. Интенсивность сигнала автоматически увеличивается по мере уменьшения дистанции между транспортными средствами, что позволяет своевременно предотвратить аварийную ситуацию. Аналогичные ситуации возникают при нарушении правил поворота, разворота или движения на перекрестке, в том числе когда водитель нарушил правила дорожного движения, например, осуществляя поворот из полосы, для которой поворот не разрешен.

В случае, когда транспортное средство движется к перекрестку, а водитель пересекающего транспортного средства пренебрегает остановкой и, выезжая на перекресток, продолжает движение, также заблаговременно выдается предупреждающее уведомление о нарушении правил дорожного движения и выполняется последующее экстренное торможение.

Автоматическое уведомление о дорожно-транспортном происшествии

Этот сервис имеет наивысший приоритет при отправке уведомлений. В результате дорожно-транспортного происшествия осуществляется отправка автоматического уведомления в специализированные службы, в том числе в систему управления городским движением для принятия решений об эвакуации транспортных средств и пассажиров. Транспортное средство, попавшее в аварийную ситуацию, передает предупреждающие сообщения о своем местоположении ближайшим транспортным средствам и системам дорожного мониторинга, что позволяет вовремя среагировать на происшествие и организовать безопасную эвакуацию с участка дороги.

Уведомление водителя о рискованных ситуациях

Этот сервис осуществляет своевременное уведомление о наличии различных препятствий на дороге, таких как: разрушенное дорожное полотно, открытый люк, оползни, а также о рискованных ситуациях при управлении транспортным средством: наличии резкого поворота дороги, неожиданного спуска и т.п. В условиях плохой видимости (дождь, снегопад, туман, темное время суток) эффективность использования видеокамер в данном случае значительно снижается.

Повышение бдительности с помощью системы дорожного видеонаблюдения

Камеры могут быть размещены на стационарных антенно-мачтовых сооружениях критической телекоммуникационной инфраструктуры самоорганизующейся транспортной сети, которые располагаются на обочине дороги. RSU могут осуществлять сбор данных о дорожной ситуации, для чего используются специализированные математические подходы к распознаванию [Земцов, 2017]. Например, в случае сближения пешехода с пешеходным переходом или в любом другом месте дороги такое поведение может интерпретироваться как намерение осуществить переход дороги. В этом случае на монитор водителя может выводиться информация о намерении пешехода пересечь проезжую часть, а также транслируется видео с изображением пешехода, осуществляется сигнализация направления, откуда следует ожидать пешехода. В случае, если пешеход продолжает сближаться с дорогой в непредназначенном для этого месте и существует вероятность наезда, производится автоматическое снижение скорости транспортного средства.

Интеллектуальное управление светофорами

Интеллектуальное управление светофорами, которое является одной из основных задач самоорганизующейся транспортной сети, основано на идее динамического адаптивного изменения их работы в зависимости от дорожной ситуации. Традиционные светофоры с фиксированным временем переключения работают неэффективно, что может вызвать заторы на дорогах, которые являются серьезной проблемой в крупных городах, а также причиной значительного загрязнения воздуха [Cassini, 2010].

Умные светофоры и другие стационарные антенно-мачтовые сооружения относят к критической телекоммуникационной инфраструктуре самоорганизующейся транспортной сети. В связи с этим вопросы отказоустойчивости телекоммуникационной инфраструктуры являются особенно важными, т.к. обеспечение требуемого уровня доступности тождественно интеллектуальному обеспечению сервиса, для которого выдвигаются требования обеспечения доступности 99,99% и выше [Земцов, 2019].

С помощью сетевого протокола бортовые компьютеры участников движения заблаговременно получают соответствующие уведомления о моменте времени переключения режима светофоров на перекрестке, что позволяет осуществить плавное торможение, в том числе в автоматическом режиме, чтобы избежать аварии при въезде на перекресток. Работа умного светофора основана на диспетчеризации для поддержания потока транспортных средств на эффективной скорости [Astarita, 2020]. Для получения достоверных данных о плотности дорожного движения умный светофор взаимодействует с бортовыми модулями транспортных средств, что повышает эффективность функционирования транспортной инфраструктуры. Решить проблему транспортных заторов с помощью традиционных методологий не представляется возможным.

Заключение

С ростом автотранспортного парка в целом в последние годы, появлением маркетплейсов, таких как Ozon и Wildberries, и, как следствие, увеличением объемов грузоперевозок, в крупных городах Российской Федерации резко возросла сложность управления дорожным движением. Качественная логистика, являясь одним из стимулов развития экономики, обеспечивает высокий уровень обслуживания потребителей и, как следствие, качество жизни граждан.

Урбанисты отмечают, что характер роста трафика имеет экспоненциальную зависимость. Для предотвращения роста количества дорожно-транспортных происшествий государственным органам приходится прикладывать все большие усилия. При этом показатель смертности в дорожно-транспортных происшествиях за последние десятилетия снижается малоозначительно.

Интенсивное развитие средств вычислительной техники и средств связи, а также методов искусственного интеллекта на их основе позволяет создавать новые интеллектуальные транспортные сети. В современных условиях транспортные сети с интенсивным трафиком и динамически изменяющейся топологией уже не могут обойтись без внедрения интеллектуальных цифровых технологий. Особенно активное внедрение подобных элементов цифровой экономики требуется в крупных городах с доминирующей транспортной инфраструктурой. Сеть бортовых компьютеров транспортных средств может реализовывать широкий спектр приложений безопасности на дорогах, которые дают многообещающие результаты в сфере безопасности дорожного движения и решения задачи предотвращения катастроф и других дорожно-транспортных происшествий. Они также могут быть эффективными для хранения информации о водителях и транспортных средствах в целях более эффективного управления и контроля.

Литература

1. Антоненко, А.С. Оценка параметров QoS для бесперебойной работы IPTV // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2020. – Т.14(10). – С. 33-38.

2. Земцов, А.Н., Чан, З.Х. Анализ эффективности алгоритмов планирования передачи пакета в сетях LTE // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 4(55).
3. Земцов, А.Н. Алгоритмы распознавания лиц и их применение в системах биометрического контроля доступа. – Saarbruecke: LAP LAMBERT, 2011. – 119 с.
4. Земцов, А.Н. Протокол организации децентрализованной беспроводной сети связи для обеспечения взаимодействия социкиберфизических систем // Современные наукоемкие технологии. – 2024. – № 3. – С. 22-28.
5. Земцов, А.Н. Анализ математических подходов к идентификации лиц / А.Н. Земцов, Х.Ч. Зунг // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 3(46). – С. 39.
6. Земцов, А.Н. Автоматическое распознавание автомобильных номерных знаков в автомобильной самоорганизующейся сети / А.Н. Земцов, М.А. Кузнецов, С. Садек // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 12(108). – С. 135-143.
7. Земцов, А.Н. Моделирование и оценка показателей надежности и отказоустойчивости систем связи / А.Н. Земцов, Р.С. Няты // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 5(56). – С. 26.
8. Смирнов, А.В., Левашова, Т.В. Приобретение знаний в социкиберфизических системах в процессе информационного взаимодействия ресурсов // Информационно-управляющие системы. – 2017. – № 6(91). – С. 113-122.
9. Шилов, Н.Г., Ермолаев, В.И. Методологические основы интеллектуальной поддержки социально-ориентированных решений в гибких транспортных системах // Научный вестник НГТУ. – 2016. – № 3. – С. 59-72.
10. Ярцев, С.В. Исследование структуры потоков широковещательного трафика в сетях VANET // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2018. – Т. 11, № 3. – С. 7-19.
11. Оптимизация транспортной инфраструктуры городов / В. А. Киселев, А. В. Шемякин, С. Д. Полищук [и др.] // Транспортное дело России. – 2018. – № 5. – С. 138-140.
12. Campos-Ferreira, A.E., Lozoya-Santos, J.d.J. Tudon-Martinez, J.C. Vehicle and Driver Monitoring System Using On-Board and Remote Sensors // Sensors. – 2023. – Т.23. – 814.
13. Gupta, S., Hamzin, A., Degbelo, A. A Low-Cost Open Hardware System for Collecting Traffic Data Using Wi-Fi Signal Strength // Sensors. – 2018. – Т. 18(11). – 3623.
14. Wang, M., Chen, X., Jin, B. A Novel V2V Cooperative Collision Warning System Using UWB/DR for Intelligent Vehicles // Sensors. – 2021. – Т. 21(10). – 3485.
15. Arena, F., Pau, G., Severino, A. A Review on IEEE 802.11p for Intelligent Transportation Systems // Journal of Sensor and Actuator Networks. – 9(2). – 22.
16. Kwon, D., Park, S., Ryu, J.-T. A Study on Big Data Thinking of the Internet of Things-Based Smart-Connected Car in Conjunction with Controller Area Network Bus and 4G-Long Term Evolution // Symmetry. – 9(8). – 152.
17. Tabassum, M., Bastos, F.H., Oliveira, A. NR Sidelink Performance Evaluation for Enhanced 5G-V2X Services // Vehicles. – 5(4). – pp. 1692-1706.
18. Pham, N.N., Leuchter, J., Pham, K.L. Battery Management System for Unmanned Electric Vehicles with CAN BUS and Internet of Things // Vehicles. – 2022. – 4(3). – pp. 639-662.
19. Patsakis, C., Dellios, K., Bouroche, M. Towards a distributed secure in-vehicle communication architecture for modern vehicles. Comput. Secur. – 2014. – Т.40. – pp. 60-74.
20. Zemtsov, A. Performance Evaluation of First Hop Redundancy Protocols for a Computer Networks of an Industrial Enterprise // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). – 2019. – pp. 1-5. DOI: 10.1109/FarEastCon.2019.8934315.
21. Sewalkar, P., Seitz, J. Vehicle-to-Pedestrian Communication for Vulnerable Road Users: Survey, Design Considerations, and Challenges // Sensors. – 19(2). – 358.
22. Veeraiah, N. Trust Aware Secure Energy Efficient Hybrid Protocol for MANET // IEEE Access. – 2021. – Т. 9. – pp. 120996-121005.
23. Kong, A., Hang, P., Tang, Yu. A comprehensive high-level automated driving assistance system with integrated multi-functionality // IET Smart Cities. – 2024.
24. Bektache D., Yakoubi M.A., and Ghoulmi N. Forecasting approach for Blind Spot Collision Alert // Proc. of the 10th International Conference on Information Systems and Technologies (ICIST '20). Association for Computing Machinery. – 2021. – pp. 1-5.
25. Cassini, M. Traffic lights: Weapons of mass distraction, danger and delay // Economic Affairs. – 2010. – Т. 30. – pp. 79-80.
26. Astarita, V., Giofre, V.P., Festa, D.C. Floating Car Data Adaptive Traffic Signals: A Description of the First Real-Time Experiment with Connected Vehicles // Electronics. – 2020. – Т. 9(1). – 114.

References in Cyrillics

1. Antonenko, A.S. Ocenka parametrov QoS dlya beshperebojnoj raboty` IPTV // T-Comm: Telekomunikacii i transport. – 2020. – Т.14(10). – С. 33-38.
2. Zemczov, A.N., Chan, Z.X. Analiz e`ffektivnosti algoritmov planirovaniya peredachi paketa v setyax LTE // Inzhenerny`j vestnik Dona. – 2019. – № 4(55).

3. Zemczov, A.N. Algoritmy` raspoznavaniya licz i ix primenenie v sistemax biometricheskogo kontrolya dostupa. – Saarbruecke: LAP LAMBERT, 2011. – 119 s.
4. Zemczov, A.N. Protokol organizacii decentralizovannoj besprovodnoj seti svyazi dlya obespecheniya vzaimodejstviya sociokiberfizicheskix sistem // Sovremennyye naukoemkie tekhnologii. – 2024. – № 3. – S. 22-28.
5. Zemczov, A.N. Analiz matematicheskix podxodov k identifikacii licz / A.N. Zemczov, X.Ch. Zung // Inzhenernyy`j vestnik Dona. – 2017. – № 3(46). – S. 39.
6. Zemczov, A.N. Avtomaticheskoe raspoznavanie avtomobil`ny`x nomerny`x znakov v avtomobil`noj samoorganizuyushhejsya seti / A.N. Zemczov, M.A. Kuznecov, S. Sadek // Inzhenernyy`j vestnik Dona. – 2023. – № 12(108). – S. 135-143.
7. Zemczov, A.N. Modelirovanie i ocenka pokazatelej nadezhnosti i otkazoustojchivosti sistem svyazi / A.N. Zemczov, R.S. N'yati // Inzhenernyy`j vestnik Dona. – 2019. – № 5(56). – S. 26.
8. Smirnov, A.V., Levashova, T.V. Priobretenie znaniy v sociokiberfizicheskix sistemax v processe informacionnogo vzaimodejstviya resursov // Informacionno-upravlyayushhie sistemy`. – 2017. – № 6(91). – S. 113-122.
9. Shilov, N.G., Ermolaev, V.I. Metodologicheskie osnovy` intellektual`noj podderzhki social`no-orientovanny`x reshenij v gibkix transportny`x sistemax // Nauchny`j vestnik NGTU. – 2016. – № 3. – S. 59-72.
10. Yarcev, S.V. Issledovanie struktury` potokov shirokoveshhatel`nogo trafika v setyax VANET // Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politexnicheskogo universiteta. Informatika. Telekommunikacii. Upravlenie. – 2018. – T. 11, № 3. – S. 7-19.
11. Optimizaciya transportnoj infrastruktury` gorodov / V. A. Kiselev, A. V. Shemyakin, S. D. Polishhuk [i dr.] // Transportnoe delo Rossii. – 2018. – № 5. – S. 138-140...

Ключевые слова:

мобильная связь, фрагментация мировой экономики, парадигма целевых задач,

*Земцов Андрей Николаевич, к.т.н,
доцент Волгоградского государственного технического университета, Волгоград
E-mail: azemtsov@mail.ru*

*Кузнецов Михаил Андреевич, к.т.н,
доцент Волгоградского государственного технического университета, Волгоград
E-mail: 35km@mail.ru*

*Аль-Мерри Гаус Мохаммед Салех,
аспирант Волгоградского государственного технического университета, Волгоград
E-mail: gaismr2009@mail.ru*

*Садек Сажжад,
аспирант Волгоградского государственного технического университета, Волгоград*

*Тахтаров Эльдар Рифатович,
программист ООО "ВолгаБлоб", Волгоград
E-mail: takhtarov2016@yandex.ru*

Andrey Zemtsov, Mikhail Kuznetsov, Al-Merry Gais, Sadiq Sajjad, Eldar Takhtarov, Application of digital technology to prevent road accidents

Keywords:

VANET, intelligent transportation network, urban traffic management system, road safety, Internet of Things, LTE, Long-Term Evolution, digital economy, digital technologies

DOI: 10.34706/DE-2025-04-03

JEL classification: M15 – Управление информационными технологиями; L91 – Транспорт: общие сведения; L96 – Телекоммуникации; R41 – Транспортное сообщение: спрос, предложение, перегруженность дорог, временные затраты на дорогу, безопасность и аварии.

Abstract

Intelligent transport self-organizing networks have increasingly been considered by academic researchers and industry representatives as potential applications in real life. As a result of the high growth rate of the vehicle fleet and freight volumes, the problems associated with traffic management are growing exponentially. In recent years, there has been a tendency to reduce the number of traffic accidents, but it should be noted that the growth of traffic has a negative impact on the number of traffic accidents and traffic safety in general. The article describes the architecture, features of intelligent transport self-organizing networks and ways to solve the problem of urban traffic safety using digital technologies