**Тенденции (пути) повышения эффективности и безопасности движения**

Эффективность и безопасность движения остается актуальной задачей автомобильной индустрии и дорожных служб. Вопросы снижения стоимости перевозок, улучшения экологии на автомагистралях, снижения аварийности, развития сети сервисных служб и служб оказания помощи тесно связаны между собой. Эти вопросы решаются комплексно компаниями производителями автомобилей, государственными и региональными органами организации движения. Традиционно, компании производители тестируют свои модели по таким критериям как: защита взрослых пассажиров, защита пассажиров-детей, защита пешеходов и наличие систем безопасности в машине. Рейтинг каждой модели показывает насколько успешно проявили себя те или иные технические решения, заложенные в конструкцию автомобиля. Новым направлением повышения безопасности следует отнести проектирование беспилотных автомобилей, оснащенных сенсорами и необходимым программным обеспечением. Работу в этом направлении ведут крупнейшие компании [Audi](http://www.vedomosti.ru/companies/a-z/4899/Audi%20Group), [Nissan](http://www.vedomosti.ru/companies/a-z/536/Nissan%20motor), Toyota, Lexus, Мерседес, ГУГЛ , VOVLVO и другие. Очевидными преимуществами беспилотных автомобилей является повышение безопасности движения автомобилей и пешеходов. Подавляющее большинство аварий на дорогах определено человеческим фактором: усталость, невнимание, занятия посторонними делами, незнания правил , низкая реакция, отсутствие опыта управления в нештатной ситуации, недостаток информации о дорожной ситуации и другое.

Современная концепция беспилотного автомобиля предусматривает оснащение транспортного средства системой сенсоров, технических средств управления агрегатами, программного обеспечения из области ИИ,

Программно-аппаратный комплекс позволяет во время движения получить в реальном времени детальную модель окружающего пространства, соседние транспортные средства, препятствия, пешеходов, дорожную разметку, показания светофоров, характеристики движения. По этим данным рассчитывается оценка дорожной ситуации и вырабатываются управляющие воздействия на агрегаты автомобиля.

***Достоинства***  
  
**Безопасность**. Разработчики системы автономного управления автомобилем от Google утверждают, что лишенный человеческого фактора компьютер, способный обрабатывать массу информации и принимать решения в разы быстрее, чем обычный водитель, может эффективно обезопасить пассажиров от дорожно-транспортных происшествий. Кроме того, благодаря высокочувствительным датчикам, автомобиль сможет «увидеть» в темноте объекты (идущих по обочине дороги пешеходов или перебегающих трассу животных), недоступные человеческому глазу и вовремя отреагировать на ситуацию, снизив скорость вплоть до полной остановки.  
  
**Точное соблюдение ПДД**. В отличие от обычного водителя, беспилотный автомобиль никогда не пойдет на сознательное нарушение правил дорожного движения. Если компьютер системы расценит дорожную обстановку как потенциально опасную, он примет меры для того, чтобы избежать возможного ДТП, начиная от выбора наиболее оптимального маршрута движения вплоть до полной остановки. К тому же, при массовом использовании беспилотных машин снизятся возникающие по вине водителей заторы на дорогах.  
  
**Комфорт**. Владелец такого беспилотного автомобиля сможет забыть о таких проблемах, как выбор места для парковки - автономная система самостоятельно определит свободное парковочное место в конечной точке маршрута и запаркуется без участия водителя. К тому же, располагая точными сведениями об интенсивности движения в той или иной точке маршрута, «беспилотник» заранее «увидит» пробку, оценит ее масштаб и изберет альтернативный маршрут.

Если отбросить случаи, в которых ни человек, ни машина не смогут среагировать, то:  
  
— машина среагирует быстрее чем человек  
— машина отработает внештатную ситуацию по программе. Перед столкновением, выпустит подушки. Не исключаю, что такие средства появятся и спереди, для пешехода. Машина мгновенно оповестит кого надо. Будут камеры, и фото с происшествия (за секунду до столкновения) мгновенно попадут на пульт и в машину скорой помощи. Все это сократит время, и увеличит шансы пострадавших.  
— Машина запишет всю телеметрию, что упростит юридические споры. И не будете попадать на медосмотры, проверку зрения и веществ в крови.  
— как уже здесь говорили, таких случаев гораздо меньше, по сравнению с теми, в которых машина справится без проблем и убережет от аварии, которые связанные с ошибками водителей. А таких несравнимо больше.  
— и последнее, чем больше таких машин, тем меньше ситуаций, выехавших на встречную идиотов и заснувших за рулем водителей автобусов и грузовиков. По ходу такие машины повышенного риска, надо оснастить в первую очередь.

***Недостатки***

**Снижение точности позиционирования при ухудшении погоды**. Изменение метеоусловий влияет на состояние/характеристики среды распространения лазерных и радиосигналов, что пагубно сказывается на точности работы радаров и датчиков, используемых для обеспечения работы систем активной безопасности пилотируемых автомобилей, а также беспилотных автомобилей, в частности Google. Изменение метеоусловий, и как следствие, изменение отражающих способностей окружающих объектов также влияет на точность работы систем активной безопасности автомобиля. Неточная оценка состояния дорожного покрытия обледенелое, мокрое затрудняет автоматический выбор необходимого режим настройки трансмиссии и подвески.

**Движение вне магистралей**. Львиная доля испытаний беспилотных автомобилей проводится в условиях мегаполиса и автомагистралей, при наличии качественного дорожного покрытия, дорожной разметки, устройств освещения. Исследования в области автоматизации управления автомобиля, движущегося по пересечённой местности активизируются в наши дни, например Google сообщил о включении в парк тестовых беспилотных автомобилей внедорожника Lexus.

**Правовой вопрос**. На сегодняшний день, существующее законодательство ряда развитых стран не содержит норм, позволяющих определить лиц, несущих ответственность в случае совершения ДТП беспилотным автомобилем. Данная ситуация серьёзно замедляет процесс тестирования беспилотных автомобилей в реальных условиях и ввод их в тестовую эксплуатацию.

**Точность электронных карт.** В основе систем беспилотного управления автомобилем, например Google лежит применение карт, содержащих панорамною съёмку объектов. Отсутствие таких карт, и поддержка их в актуальном состоянии, в т.ч. в соответствии времени года служит серьёзным препятствием для использования беспилотных автомобилей.

**Стоимость тестового образца**. На сегодняшний день стоимость тестового образца беспилотного автомобиля Google составляет более 150 тысяч долларов. Основные затраты (порядка 70 тысяч долларов) приносит использование оптического датчика LIDAR.

**Зависимость от качества сигнала навигации.** Использование систем GPS, ГЛОНАССдля позиционирования автомобиля вызывает затруднения при эксплуатации беспилотных автомобилей в тоннелях, каньонах, местах с нестабильным уровнем покрытия сигналом систем GPS, ГЛОНАСС

В споре сторонников и противников беспилотных автомобилей позиции первых более предпочтительны, так как машинка сканирует окружающее пространство в очень большом радиусе (60-80 метров) и поэтому объем данных на котором принимается решение существенно больше. Это у человека-водителя ребенок может внезапно выскочить на дорогу. Это человек-водитель может замешкатся и испугаться. Это у человека-водителя реакция на внезапное происшествие 0.5 секунды как минимум. Это человек-водитель регулярно превышает скорость.   
  
Компьютер этих недостатков лишен, он заметит бегущего к дороге или стоящего на обочине за много десятков метров, он не будет мешкать и реакция у него практически моментальная.   
Чтобы попасть под колеса такого автомобиля, нужно натурально бросится прямо под него.

1. Автопилот заметит пешехода движущегося со скоростью достаточной чтобы попасть под колеса и снизит скорость, спрогнозировав движение этого пешехода.  
   Итог: нет ДТП  
     
   2. Если на обочине есть объекты мешающие обзору, автопилот снизит скорость даже не видя пешехода, так как по ПДД мы должны снижать скорость вплоть до остановки, чтобы убедиться в отсутствии пешеходов там, где они могут появиться.  
   Итог: нет ДТП  
     
   3. Если же пешеход выпрыгивает в неположенном месте, там где нет обзора — автопилот среагирует быстрее человека любого водительского стажа.   
   Итог: нет ДТП или ДТП с менее тяжкими последствиями

Даже если по вине компьютера произойдет ДТП, то по общей статистике для компьютера такое будет случаться в 10 раз реже, чем когда за рулем машины человек.

В тоже время развернувшаяся полемика сторонников и противников беспилотных автомобилей базируется на объективном противоречии, которое заключается в том, что сегодня мы пытаемся объединить неформальную систему движения автотранспорта с формальной. Доминантой первой системы является человек (водитель автомобиля), а у второй системы беспилотный автомобиль (фактически робот). Человек – слабо формализуемый объект, а робот это автомат, хотя и наделен некоторыми чертами интеллекта. Одновременное участие столь разнородных сущностей в движении по магистрале и определяет те сложности, которые пытаются разрешить организаторы движения.

Из первого противоречия вытекает техническая проблема, связанная со сбором данных о ситуации на дороге. В настоящее время вся совокупность технических систем отображения данных о ситуации ориентирована на восприятие человеком, его органы восприятия сигналов и механизмы обработки информации. Возможности сенсоров автомобиля иные и в каких-то аспектах могут быть лучше, а в других хуже чем у человека. Кроме этого человек постоянно использует накопленный опыт и свою интуицию, способность прогнозирования ситуации, анализировать поведение других участников движения.

Легко предположить, что одновременное удовлетворение требований двух систем приведет к повышению сложности системы управления движением и росту отрицательных оценок к практике эксплуатации беспилотных автомобилей (в первую очередь со стороны недисциплинированных водителей).

Решение возникшего противоречия возможно двумя путями:

1. Разработка регламента движения беспилотных автомобилей по выделенным полосам или отдельным магистралям. В этом случае создается новая модель организации движения, разрабатываются новые требования к системам сбора оперативной информации, разрабатываются новые протоколы обмена данными между автомобилями и сервисными службами, комплект документов, определяющих юридическую ответственность участников движения. Детальная проработка этого варианта позволит решить главные задачи организации перевозок – снижение аварийности, снижение издержек, улучшение экологии.
2. Организация группового движения беспилотных автомобилей с одним и более водителей-инструкторов. В этом случае необходимо доработать ПДД с учетом особенностей группового движения автомобилей (проезд перекрестков, парковка, остановка, маневрирование и другие действия). В этом варианте движение осуществляется по существующей дорожной сети, но ответственность за перемещение группы возлагается на водителей-инструкторов.

Сегодня примером реализации второй модели может служить проект Сартр во главе с Рикардо UK Ltd , которая включает сотрудничество между компаниями-участниками: IDIADA и Robotiker-Tecnalia Испании, Institut для Kraftfahrwesen Ахене (IKA) из Германии, SP Технический исследовательский институт Швеции, Volvo Car Corporation и Volvo Технологии Швеция.

Проект направлен на создание новой модели использования личного транспорта путем организации экологического автопоезда.  
  
 Новая система будет содействовать безопасному перемещению автопоездов на ООН-модифицированных автомобильных дорогах общего пользования с тесным взаимодействием с участниками другого трафика.  
  
 Предлагаемая схема предусматривает управление и ответственность за движение автопоезда профессионального водителя, который ведет ведущий автомобиль. Остальные транспортные средства передвигаются в полуавтономных режимах управления, что позволяет водителям из следующих транспортных средств работать с меньшей нагрузкой, и во время движения пользоваться телефоном, читать книги, просматривать видеофильмы, принимать пищу – выполнять действия, которые в обычном режиме запрещены по соображениям безопасности.

Вместе с тем остается нерешенной проблема включенности водителей ведомых автомобилей в процесс принятия решений при возникновении нештатных ситуаций. Обычно время реакции водителя составляет 03-07 секунды. В случае работы в полуавтоматическом режиме оно будет лежать в существенно большем интервале. Водитель, находясь в середине автопоезда, не имеет возможности действовать самостоятельно, поэтому классический прием непрерывного включения оператора в процесс управления объектом с дозированной нагрузкой не решает эту проблему.

Следует отметить, что предлагаемый вариант надо рассматривать как промежуточный, компромиссный, так как в оставляет нерешенным вопрос взаимодействия на трассе человека и робота. Кроме этого стоимость беспилотного автомобиля существенно выше традиционного, в первую очередь за счет усложнения аппаратуры, определяющей присутствие и поведение человека на дороге. (нельзя использовать формальные модели и протоколы взаимодействия автоматов на трассе).

**Второй вопрос**

Увеличение объема двунаправленного потока сообщений, обеспечивающего информационную поддержку автомобильного движения формирует всё новые требования к обеспечению информационной поддержки автомобильных сетей.

Ключевым вопросом является интеграция мобильных ресурсов с инфраструктурой региона, подразумевающая контакт со службами, управления движением, сервисным обслуживанием, порталом производителя, поиск соседних автомобилей – клиентов заданных сервисов, без использования выхода в глобальные сети передачи данных.

Обеспечение реализации мобильной массовой беспроводной сети передачи данных связано с рядом ключевых проблем:

­–совместимость сетевого оборудования;

–снижение затрат на использование новых технологий;

–повышение надежности передачи сообщений;

Возможными решениями этих проблем могут стать:

– разработка универсального реконфигурируемого устройства, адаптирующегося под конкретные каналы и протоколы передачи данных;

– стандартизация частотного спектра передачи сигналов;

–использование перспективных сетевых технологий, не получивших на данный момент широкого распространения (мобильный WiMAX, WiFi 802.11ac);

–разделение задач определения топологии сети и передачи данных.

Беспроводные локальные сети (WLAN — Wireless Local Area Networks) подразделяются по топологии на:

–"Точка-точка" – Peer to Peer или ADHOC

– "Точка-многоточка" – Infrastructure mode

–"Микросотовая сеть" – Wireless mesh

Автомобиль может содержать устройства для подключения к локальным сетям используя различные технологии, для формирования подключения к различным топологиям и получения доступа к соответствующим сетевым сервисам и данным.

Технологии передачи данных в сетях можно разделить на:  
– Wi-Fi (Wireless Fidelity);

– WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access);

–Wi-Fi (802.11abgn) – скорость до 480Мбит/с, дальность - до 100м  
WiMAX (802.16de) – до 75Мбит/с, дальность – до 10 км;

Стандарт 802.16e (мобильный WiMAX) [3] поддерживает ряд специфических функций, таких как хэндовер, "idle mode" и роуминг. Возможность работы при наличии либо отсутствии прямой видимости, ориентирован на работу с пользователями, передвигающимися со скоростью до 120 км/ч, что означает, что использование его на высокоскоростных магистралях может привести к неустойчивому сигналу в автомобилях.

Для обеспечения возможности совместимости различных беспроводных технологий, необходимо применение согласованных протоколов передачи данных беспроводной сети. Необходимо реализовать совпадение длительностей кадров, зоны нисходящих и восходящих каналов при временном дуплексе, и т.д. Обязательна масштабируемость по частотным полосам, с одинаковой для разных технологий кратностью (или поддерживаться работа в одинаковых по ширине полосах), т.н. стандартизация частотного спектра. Необходимы средства гибкой адаптации и перестройки системы, в том числе на уровне антенных систем. Полный свод требований для стандарта международной подвижной беспроводной широкополосной связи 4G описаны в спецификации IMT-Advanced.

Для реализации обозначенных требований все технологии IMT-Advanced должны поддерживать работу с адаптивными антенными системами, включая функции формирования диаграмм направленности антенных систем. А в перспективе и поддерживать динамическое цифровое диаграммообразование (ЦДО). На уровне опорных сетей интеграция должна быть еще более потной, вплоть до прозрачного обмена потоками между сетями с различными радиоинтерфейсами. Все эти требования поддерживают перспективные стандарты, разрабатываемые как в рамках LTE-Advanced, так и WiMAX.

Таким образом, системы 4G можно определить как технологии, которые войдут в набор стандартов IMT-Advanced. На пользовательском уровне их будет отличать: высокая (от 100/1000 Мбит/с для мобильных абонентов) скорость.

Пользователь не должен ощущать ни помех от других сетей, ни проблем с межсетевой передачей данных. На уровне технологическом системы 4G будут характеризоваться: полным переходом к модуляции OFDM (работа в условиях переотражений); согласованностью совместной работы на уровне протоколов физического уровня; высокой гибкостью при выборе частотных полос, частотных диапазонов, адаптивной перестройкой методов модуляции; применением наиболее совершенных методов канального корректирующего кодирования; полный переход к протоколам IPv6 позволит строить IP сети поверх автомобильных сетей.

*Технологические особенности развития mesh*

Несмотря на большой потенциал mesh-сетей, остается ряд проблем, которые препятствуют их широкому распространению. К основным проблемам, возникающим в процессе построения и функционирования mesh-сетей, относятся:

–обеспечение функциональной совместимости mesh-устройств;

–повышения эффективности протоколов;

–повышение качества обслуживания передачи;

–снижение задержки при пересылке информации в сети.

Для широкого внедрения mesh-сетей необходима совместимость с существующими сетевыми стандартами и протоколами, её наличие позволило бы множеству mesh-сетей различных производителей, взаимодействовать на канальном и сетевом уровнях OSI, включая протоколы IPv4 и IРv6. Сеть смогла бы объединять устройства с различными интерфейсами беспроводной связи. В настоящее время в корпорации Intel ведутся работы по решению этой задачи на уровне перенастроек радиопередающей системы, адаптируемые к любой среде беспроводной связи. Такой подход является существенно менее дорогим, чем реализация нескольких беспроводных интерфейсов в каждом устройстве. Технология разработки универсального реконфигурируемого устройства, адаптирующегося под конкретные каналы и протоколы передачи данных запатентована Intel [2].

Многие аналитики по-прежнему серьезно оценивают намерения Wi-Fi Alliance составить реальную конкуренции решениям WiMAX и LTE в секторе мобильной передачи данных для крупных городов [4]. И для такого оптимизма пока имеются все основания, учитывая высокие затраты на развертывание мобильных сетей 4-го поколения (4G), в то время как Wi-Fi остается сравнительно дешевой и высокопродуктивной технологией беспроводного доступа, имеющей самый широкий ассортимент терминальных устройств и значительную доступность обслуживания.

*Технологические особенности развития Wi-Fi*

В ближайшие несколько лет можно ожидать дальнейшего развития линейки Wi-Fi решений:

–Освоение частотного диапазона 60 ГГц**.** Wireless Gigabit Alliance (WiGig Alliance) [1] активно работает над освоением технологией Wi-Fi диапазона 60 ГГц с пиковыми скоростями передачи до 7 Гбит/с для сценариев пикосотового покрытия (mesh сетей). Подобное увеличение производительности Wi-Fi является серьезным шагом вперед даже по сравнению с высокоскоростными решениями IEEE 802.11n (до 300 Мбит/с), предполагающими одновременное использование двух или трех пользовательских потоков и объединение двух рабочих радиоканалов по 20 МГц. Ограничивающим фактором данного решения является короткий радиус действия, а также необходимость одновременной поддержки базовых частотных диапазонов Wi-Fi — 2,4 ГГц и 5 ГГц. Перспективы развития «облачных» сервисов на базе высокоскоростного беспроводного доступа Wi-Fi 60 ГГц кажутся вполне реалистичными;

–Развитие решений Wi-Fi Direct [5], позволяющих обеспечить со стандартными скоростями Wi-Fi прямые соединения между самыми различными клиентскими устройствами (коммуникаторы, смартфоны, цифровые фото/видео камеры и др.), минуя традиционные точки доступа и беспроводные маршрутизаторы;

–Поддержка улучшенных решений VoIP с новым набором WFA- протоколов с целью дальнейшего развития конкурентоспособных альтернативных голосовых услуг;

–Развитие ячеистых (mesh) Wi-Fi сетей на базе сравнительно дешевых модулей, каждый из которых по радиоканалу соединен со всеми соседями в зоне радиовидимости. Немаловажным преимуществом ячеистых Wi-Fi сетей также является самоорганизация сетевых модулей и способность восстанавливаться при выходе из строя некоторых узлов. Внедрение спецификации IEEE 802.11s позволит создавать более простые и недорогие сети Wi-Fi с поддержкой альтернативных маршрутов и повышенной надежностью;

–Усовершенствование клиентского опыта Wi-Fi за счет оптимизации взаимодействия с точками доступа. Развитие спецификации IEEE 802.11v нацелено на поддержку механизмов управления параметрами радиосети Wi-Fi в аспекте уменьшения энергопотребления, что будет полезно для автономных модулей не имеющих возможности подзарядки (например, в стоящем автомобиле). В свою очередь внедрение протокола 802.11k для улучшения управления радиоресурсом позволит в сетях Wi-Fi идентифицировать слабые сигналы или зоны неуверенного приема и, соответственно, оптимизировать беспроводное обслуживание.

Используя решения по разгрузке трафика мобильной сети через хот-споты Wi-Fi, мобильные операторы получают реальную возможность решить проблему нехватки пропускной способности и большой загруженности своих сетей, избежав при этом значительных затрат. На более поздних этапах, когда требования к интерфейсу инфраструктуры сотовых сетей и терминальных устройств станут более понятны, могут быть внедрены такие функции, как бесшовный роуминг в обоих направлениях между сетями Wi-Fi и 2G/3G/4G.

Hotpsot 2.0 (Next Generation Hotspot — NGH) — промышленная инициатива по развитию межсетевых процедур аутентификации и эстафетной передачи на базе спецификаций Wi-Fi. Иными словами, это решение по поддержке бесшовной эстафетной передачи между сотовыми сетями и хот-спотами Wi-Fi без необходимости в дополнительной авторизации абонента. Развитие решений NGH призвано ускорить процесс поиска и выбора сети Wi-Fi, обеспечить поддержку автоматического входа мобильных устройств в сеть и защищенного доступа к партнерским сетям Wi-Fi.

Недостатками беспроводных сетей вроде WiMAX, LTE, является требование покрытия передатчиками территории, по которой движется транспортное средство. Wi-Fi, же лишен этого недостатка и позволяет организовывать пикосети, на короткие расстояния, благодаря технологии самоорганизации описанных в стандартах 802.11s и 802.11p.

В настоящее время ожидается начало продаж устройств, разработанных по спецификации IEEE 802.11ас, призванных не только улучшить показатели пропускной способности оборудования IEEE 802.11n до уровня Гбит/с, но и обеспечить доступ к новым сервисным приложениям.

Перспективным развитием рассматриваемой области в ближайшие годы должна стать:

–разработка универсальных реконфигурируемых беспроводных устройств, обеспечивающих адаптацию к разрабатываемым спецификациям сетевых протоколов, что позволит сократить расходы, по сравнению с использованием многоинтерфейсных узлов и обеспечить совместимость с разрабатываемыми устройствами беспроводной передачи данных;

–внедрение и развитие использования таких технологий, как 802.16e (мобильный WiMAX), что обеспечит взаимодействие движущихся узлов сети на большом расстоянии и их доступ к точкам выхода в облачную среду;

– внедрение и развитие стандарта 802.11ас позволит значительно сократить расходы при обеспечении высокоскоростной связи мобильных устройств на коротких расстояниях, что позволит реализовать надёжный доступ к мультимедийным сервисам. Развитие Wi-Fi Direct позволит реализовать беспроводные сети для обмена данными, как внутри автомобиля, так и с внешней сетью.

[1] The Quest for Wireless Gigabit: Recent Advances in the Wireless Physical Layer. Brandon Heller. <http://www.cse.wustl.edu/~jain/cse574-06/ftp/phy_trends.pdf>

[2] >US2010042396 MULTIPROTOCOL ANTENNA STRUCTURE AND METHOD FOR SYNTHESIZING A MULTIPROTOCOL ANTENNA PATTERN

# [3]A Comparative Study between 802.11p and Mobile WiMAX-based V2I Communication Networks

# Date of Conference: 27-29 July 2010. Msadaa, I.C.

[4] Mobile WiMAX Assessment in Sub-urban Area to Support TV Broadcasting.

N. COELHO, N. CABRAL, A. PEREIRA, A. ROCHA and A. NAVARRO

# [5] Collaborative streaming-based media content sharing in WiFi-enabled home networks

# Consumer Electronics. November 2010. Hayoung Yoon