Глазунов~В.,В., Курочкин~Л.,М., Курочкин~М.,А., Попов~С.,Г.

Исследование доступности сервисов мобильных пользователей облачно-ориентированой избыточной мультипротокольной сети автомобилей.

Аннотация.

Интеллектуальная транспортная сеть (ИТС) позволяет повысить безопасность участников дорожного движения и облегчает им доступ к информационным ресурсам. Основной проблемой эффективного взаимодействия элементов ИТС является обеспечение постоянной надежной связи между ее элементами. В статье рассматриваются варианты решения этой проблемы позволяющие увеличить время доступности сервисов информационной облачной среды. Рассмотрены варианты построения мультипротокольного сетевого узела. Описана имитационная модель сети передачи экстренных сообщений и определен перечень параметров моделирования в среде ns-3. Результаты моделирования демонстрируют увеличение времени доступности сервисов облачной среды обмена экстренными сообщениями в различных конфигурациях автомобильной mesh сети, свойств сетевого трафика и особенностей организации дорожного движения.

Ключевые слова:

автомобильные сервисы, mesh, 802.11s, LTE, IDM, облачные сервисы, мультипротокольный узел, протоколы передачи данных, протоколы маршрутизации, имитационное моделирование, ns--3.

Введение.

Возросшие скорости движения, расширение дорожной сети, повышение интенсивности движения, увеличение числа участников существенно повышает нагрузку на водителя современного транспортного средства, что негативно сказывается на безопасности дорожного движения. Одним из путей повышения безопасности является информирование водителя об окружающей дорожной обстановке с целью предупреждения потенциально опасных дорожных ситуаций.

Оперативный доступ к актуальным данным о дорожной обстановке обеспечивается телематическими сервисами. Постоянное увеличение числа сервисов требует перехода от концепции <<один сервис~--- один канал>> к формированию системы интеграции сервисов и формированию сети передачи данных с учётом автомобильной специфики, к которой относятся: разнородность и большое число источников данных, высокая частота запросов к сервисам и постоянное изменение состава абонентов сети. Исследование разных комбинаций протоколов передачи данных в зависимости от состава сети и объемов передаваемых данных является актуальной задачей.

Телекоммуникационные сервисы интеллектуальной транспортной сети.

Категории абонентов информационных услуг.

Основными потребителями информационных услуг ИТС являются:

- водители и пассажиры автомобилей,

- водители специальных транспортных средств,

- элементы дорожной инфраструктуры,

- информационные системы (облачные службы), предоставляющие необходимые сервисы.

К числу главных задач информационного обмена следует отнести:

- оперативную помощь в сложных или аварийных ситуациях;

(отправка сообщений <<SOS>>, сообщений о ДТП, Сообщения о

чрезвычайных ситуациях);

- мониторинг обстановки на трассе движения;

(сообщение о погодных условиях и состоянии дорожного покрытия,

оперативные изменения в транспортной сети, сообщения о правилах

регулирования дорожного движения, сбор и отображение данных о

местоположении автомобилей других участников движения);

- мониторинг технического состояния автомобилей;

(дистанционный сбор данных об отказах и сбоях оборудования, аудио и

видео консультации водителя о техническом состоянии автомобиля,

дистанционная загрузка новых версий программного обеспечения,

учитывающего особенности эксплуатации конкретного автомобиля,

дистанционное управление агрегатами автомобиля: двигатель,

трансмиссия, устройства освещения);

- выполнение финансовых расчётов при эксплуатации автомобиля;

(автоматическая оплата услуг (дорог, парковок, топлива);

- комплексное решение эксплуатационных и транспортных задач

(автоматическое сохранение треков движения транспортного средства с

видеофиксацией ключевых точек движения по времени или по событию,

уточнение данных о дорожной обстановке в центре управления

транспортными средствами);

- предоставления информационно-развлекательных услуг пассажирам

автотранспорта

(подключение к удалённым сервисам через мобильную сеть (личная

электронная почта, социальные сети, блоги, микросообщения),

организация виртуальной локальной сети между автомобилями с целью

передачи речи и видеопотока и доступ в глобальную сеть).

Первые три задачи относятся к числу высокоприоритетных, определяющих уровень безопасности движения.

Телематические технологии доступа к сервисам.

В настоящее время бесспорными лидерами являются беспроводные технологии передачи данных в автомобильных сетях. Активно используются технологии:

- (802.16de) - скорость передачи данных до 75Мбит/с, удалённость абонента до 10 км;

- LTE - скорость передачи до 150 Мбит/с, удалённость абонента до 30 км.

Они обеспечивают устойчивую связь автомобиля в зоне прямой видимости стационарной станции при скорости движения автомобиля до 80 миль/ч. В зонах со сложным рельефом качество связи снижается, а при отсутствии передающих станций связь пропадает. В условиях высокой динамики автомобильной сети перспективной технологией взаимодействия абонентов является режим mesh, обеспечивающий процедуры самоорганизации абонентов.

Для передачи коротких сообщений между автомобилями и дорожной инфраструктурой используется беспроводная технология DSRC. Ее отличает …… Наличие на борту автомобиля приёмопередатчика DSRC позволяет использовать этот канал для доступа к облачной среде, с целью повышения доступности сервисов.

Связь с облаком осуществляться двумя путями: непосредственно автомобилем, оборудованным аппаратурой связи; через стационарный узел. Автомобиль, расположенный вне зоны связи может связаться с облаком через цепочку автомобилей-ретрансляторов. Сеть предусматривает двунаправленную передачу сообщений - от автомобиля в облако и обратно. Пример выбора альтернативных путей передачи сообщений с использованием mesh, DSRC и глобальных каналов связи на примере систем передачи экстренных сообщений систем <<ЭРА-ГЛОНАСС>> и <<eCall>> приведена на рис.

Облачно--ориентированная избыточная мультипротокольная сеть.

Основной сложностью обеспечения передачи данных при использовании подвижного mesh стандарта 802.11s является динамическое изменение структуры сети, требующее использования дополнительных средств для поддержки маршрутизации сетевого трафика. Изменение доступных маршрутов передачи данных во время передачи сообщения приводит в увеличению времени передачи и, зачастую, к потере сообщения. Основными параметрами влияющими на свойства подвижной mesh--сети передачи данных являются скорости движения объектов, взаимное расположение узлов сети, радиус действия передатчиков и время подключения к сети.

Сегодня, для построения пути доступа к облачной среде используются классические алгоритмы поиска маршрутов mesh сетях, которые предполагают поиск единственного маршрута до единственного заранее известного адресата. В случае облачно-ориентированного сервиса требуется осуществить выбор наиболее перспективного узла из нескольких альтернативных. Для этого необходимо выявить доступные узлы с выходом в облачную среду и оценить перспективность передачи и приёма данных через них.

Важнейшими задачами построения такой сети является выбор вариантов использования протоколов маршрутизации и передачи данных для повышения достоверности передачи сообщений. Определение времени доставки сообщений к облачным сервисам и абонентам сети в зависимости от интенсивности трафика движения автомобилей, трафика загрузки сети передачи данных, наличия и состава интерфейсов на автомобилях.

Среда моделирования передачи сообщений в сети автомобилей.

В качестве ядра среды моделирования использовался дискретно-событийный стимулятор телекоммуникационных систем ns--3. Симулятор ns--3 является свободным программным обеспечением, распространяемым по лицензии GPL. Исходные коды ns--3 открыты для исследования, модификации. В качестве встроенного языка описания моделей используются C++ и Python.

В ns--3 разработаны модели как проводных, так и беспроводных сетей, позволяющие проводить моделирование смешанных сетей с топологиями различной сложности. Особый интерес в рамках данной работы представляет реализация mesh сетей на основе стека протоколов 802.11s.

Для построения транспортной сети и моделирования движения транспорта применена модель движения транспорта Intelligent Driver Model (IDM).

Модель IDM описывает движение транспортного средства (ТС) по сети дорог, учитывая расположение ТС на полосах движения, габаритные размеры ТС, дистанцию между ТС, поведение ТС при смене полосы движения, направление движения полос, среднюю скорость движения и ускорение в заданной полосе, сигналы светофоров, распределение транспортных потоков на перекрёстках.

На рис. приведена схема взаимодействия модулей модели мультипротокольной сети со средой моделирования ns--3.

В модели используются стандартные модули ns-3 и утилиты анализа результатов экспериментов:

- Модель интерфейса 802.11s. Реализация допускает применение протокола маршрутизации HWMP в режиме с использованием корневого узла и с построением маршрута передачи по запросу.

- Модели протоколов маршрутизации в беспроводных сетях HWMP, OLSR, AODV, DSDV.

- Модуль сбора и обработки статистики сетевого трафика, предоставляющий разнообразные методы сбора характеристик моделируемых сетевых устройств и каналов связи.

- Анализатор трафика компьютерных сетей, с функциями фильтрации и сортировки данных трафика различных сетевых протоколов.

- Модуль визуализации моделей, позволяющий отображать топологию моделируемой сети, потоки данных, характеристики интерфейсов и каналов, а также их изменения на протяжении симуляции.

Предложенная схема взаимодействия модулей позволяет комбинировать протоколы маршрутизации, сетевые интерфейсы, модели движения узлов сети. Параметры моделирования передаются в класс NetworkNodes, где происходит выбор и настройка протоколов маршрутизации, создание нескольких сетевых интерфейсов, установка скорости передачи данных, числа передающих узлов и типа сетевого трафика. Результатом моделирования является набор xml-файлов сгенерированных модулем FlowMonitor.

Для реализации комбинации беспроводных сетей разработана модель подвижного мультипротокольного узла с набором сетевых интерфейсов. Для реализации мультипротокольного узла добавлен новый класс, позволяющий комбинировать интерфейсы стандартов: 802.11abg, 802.11s, 802.11p, LTE.

Реализация мультипротокольного узла в среде моделирования.

Для проведения экспериментов разработана модель мультипротокольного узла, позволяющая осуществлять доставку пакетов между интерфейсом mesh-сети для сетей 802.11s и интерфейсом LTE. Модель мультипротокольного узла реализована добавлением виртуального узла точка--точка, обеспечивающего передачу маршрутизируемых пакетов между интерфейсами 802.11s и LTE.

Модель узла реализующая функцию маршрутизации сообщений между сетями передачи данных 802.11s и LTE показана на рисунке

Алгоритм инициализации и функционирования мультипротокольного узла приведён в статье.

Мультипротокольный узел связан с транспортным средством, его координаты наследуются от координат автомобиля. Перемещение автомобиля осуществляется дискретно с интервалом 0.1 секунда, в течение всего периода моделирования.

Для проведения исследований разработана пакетная технология инициализации параметров моделирования, обеспечивающая изменения значений параметров модели, к которым относятся: изменение скорости и траектории движения; протокол маршрутизации; тип транспортного протокола передачи данных; скорость передачи данных; число узлов сети; количество узлов ведущих одновременную передачу; размер передаваемых пакетов; процент потерь пакетов в канале. В процессе моделирования для каждого узла регистрируется: время отправки пакета, время получения пакета, число потерянных пакетов, число отправленных пакетов, размер пакетов, IP адреса источников и получателей сообщений. Данные сохраняются в XML файл и доступны для последующего анализа.

Постановка экспериментов.

Выбор значений параметров модели обусловлен необходимостью исследования mesh сети в наиболее динамичные периоды её существования, характеризующиеся коротким временем жизни, широким диапазоном интенсивности сетевого трафика, высокой частотой перераспределения маршрутов.

Исходные данные для экспериментов. Для проведения экспериментов выполнена настройка значений параметров:

- тип сети: 802.11s, LTE;

- число узлов сети: 4-16;

- параметры трассы: длина -800 м., число поворотов - 4 (90 градусов),

движение двустороннее;

- скорость передачи данных: 8-2048 Кбит/сек;

- размер сообщений: 1024 байт;

- протоколы маршрутизации: HWMP, OLSR, AODV, DSDV;

- протокол передачи данных: TCP, UDP;

- число узлов с интерфейсом LTE: 1-4.

С этими значениями параметров модели параметрами были проведены 2 серии экспериментов по передаче экстренных сообщений между абонентами mesh-сети и облачной средой. В ходе экспериментов определялось время доступности сервисов облачной среды для мобильных абонентов.

Анализ результатов исследований.

В первой серии экспериментов определялось влияние протоколов маршрутизации на процент потерь при различных скоростях передачи данных. Во второй серии определялось влияние скорости движения транспортных средств и числа мультипротокольных узлов на потери сообщений при разных скоростях передачи данных.

Влияние протоколов маршрутизации на потери сообщений

Исследование фактической скорости передачи данных осуществлялось для разных протоколов маршрутизации и малом времени существования сети. Рассмотрены протоколы маршрутизации OLSR, DSDV, AODV, HWMP. В эксперименте использовался UDP трафик, передаваемый со скоростями 8, 32, 64, 128, 512, 1024, 2048 Кбит/сек. Зависимости фактической скорости передачи данных от используемого протокола маршрутизации и интенсивности трафика представлены на рис. На рис. показано отношение фактической скорости передачи данных к максимально возможной.

Зависимости фактической скорости передачи данных от используемого протокола маршрутизации и интенсивности трафика.

Отношение расчётной и фактической скоростей передачи данных.

Снижение фактической скорости составляет 5-37\%. Значительное падение реальной скорости передачи данных, до 37\%, наблюдается при скоростях передачи более 1024 Кб/сек. Наилучшие результаты на потоках большой интенсивности демонстрируют протоколы AODV, DSDV. Для передачи коротких сообщений с малой интенсивностью наилучшие результаты демонстрирует протокол HWMP.

Влияние параметров движения транспортных средств и протоколов на потери сообщений. Достоверность доставки сообщений оценивалась для наиболее сложных случаев существования сети, в которых изменение структуры сети происходит в течении 1 сек. Для данной ситуации характерна постоянная работа протоколов маршрутизации и процент потерь сообщений может быть значительным.

На рисунке рис. приведена зависимость процента потерянных сообщений, передаваемых от узла сети 802.11s к облачной среде от использованных протоколов беспроводной маршрутизации и размера сообщений.

Потеря сообщений составила от 10 до 46\% от первоначального объёма. Потери растут с увеличением скорости передачи и при увеличении скорости передачи в два раза потеря сообщений увеличивается в три раза. Наибольшие потери сообщений возникают при использовании протокола OLSR, который не следует использовать для передачи потоковых данных без применения усложнённых механизмов передачи.

Оценка времени отклика облачной среды.

Исследование среднего времени передачи сообщения от абонента к облаку определялась для сетей с 8 и 16 мобильными узлами, при использовании протокола маршрутизации HWMP. Ответное сообщение передавалось от стационарного узла LTE к мобильному абоненту по mesh сети.

В перовом эксперименте серии проводилось исследование возможности доставки экстренного сообщения от аварийного автомобиля до автомобиля, оснащённого интерфейсом LTE для передачи экстренного сообщения в облачную среду. Передача сообщения от аварийного автомобиля возможна при условии соединения аварийного автомобиля с мобильной mesh-сетью средствами 802.11s. В первом эксперименте определялся процент потерь сообщений от максимальной скорости движения автомобилей при разной плотности потока автомобилей оснащённых интерфейсом 802.11s.

Для 8 узлов, что соответствует примерно 1 автомобилю на 100 метров проезжей части, среднее время доставки сообщения от абонента в облачную среду составило 70,41 мс; для 16 узлов --- 4,04 мс. Уменьшение времени доставки сообщений в сети с 16-ю узлами --- 2 автомобиля на 100 м проезжей части, связано возможностью построения дополнительных маршрутов передачи данных.

Зависимость на рис показывает, что при скорости движения автомобиля 100 миль в час и плотности движения 1 или 2 машины на 100 метров трассы процент потерь составляет 78-92\%. Из этого следует, что при таком режиме движения необходимо либо увеличивать плотность машин находящихся в радиусе действия передатчика mesh, что позволит использовать больше альтернативных путей доставки сообщений. Другим вариантом решения проблемы с небольшой плотностью машин, оснащённых передатчиками 802.11s, является использование альтернативной технологии передачи --- DSRC или использование прямых глобальных каналов точка-точка (LTE, WiMAX).

Во втором эксперименте серии проводилось исследование возможности доставки сообщения от аварийного автомобиля, средствами 802.11s до хотя бы одного автомобиля оборудованного 802.11s и LTE на прямом участке 4-х полосного шоссе протяжённостью 800 метров.

На рис приведена зависимость процента потерь сообщений при плотности потока автомобилей, оснащённых интерфейсом 802.11s, --- 2 машины на 100 метров и при оснащённости потока автомобилей интерфейсом LTE на 25\%, 12\%, 6\%, 3\%.

По результатам моделирования можно сделать вывод о том, что при оснащении устройствами LTE менее 25\% автомобилей процент потерь сообщений становится значительным уже при скорости 50 миль в час. В этом случае целесообразно использовать альтернативные протоколы отправки сообщений в облачную среду.

Заключение. В результате исследования доступности сетевых облачных сервисов в автомобильных сетях выполнено:

сформирована конфигурация мобильной беспроводной сети передачи данных на основе сетей 802.11s, 802.11abg и LTE;

конкретизированы параметры модели и их области значений, позволяющие исследовать периоды наибольших изменений структуры и состояния мобильной беспроводной сети передачи данных;

разработана согласованная имитационная модель движения транспортных средств и с беспроводной сетью избыточной сетью ередачи данных;

реализована модель мультипротокольного узла. Созданная модель обеспечивает маршрутизацию между сетевыми интерфейсами и позволяет реализовывать сценарии моделирования автомобильных mesh сетей с произвольной комбинацией протоколов: 802.11s, 802.11p, 802.11abg, LTE;

исследовано время доступности сервисов облачной среды в зависимости от;максимальной скорости передачи данных, типов применяемых протоколов маршрутизации и передачи данных, количества и параметров движения транспортных средств.