

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕТИ МОНИТОРИНГА ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ, ПОСТРОЕННОЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ IEEE802.15.4 ZIGBEE

Тупицын В.В., Ермаков А.Н., Савасин П.А.

Ярославский государственный университет имени П.Г.Демидова.

В настоящее время в России проблема безопасности дорожного движения является в большой степени нерешенной. Значительная доля дорожно-транспортных происшествий возникает по вине водителей, не соблюдающих скоростной режим. Для решения этой проблемы в тестовом режиме в ряде регионов внедряются системы автоматизированного мониторинга дорожного движения, позволяющие оперативно и беспристрастно выявлять нарушителей правил и привлекать их к ответственности. Однако для повсеместного внедрения таких комплексов необходимым является условие их минимальной стоимости и низкого энергопотребления.

Задача исследования заключалась в разработке модели участка беспроводной сети мониторинга дорожного движения. Требовалось создать энергоэффективную сеть с простой топологией. Проведение эксперимента на практике сопряжено с немалыми трудностями, ввиду необходимости наблюдения реального участка дороги и возможности установки над дорожным полотном сетевого и видеооборудования.

В ходе работы по построению модели беспроводной сети мониторинга дорожного движения основой была выбрана технология ZigBee IEEE 802.15.4, ввиду её соответствия требованиям по скорости передачи данных и энергопотреблению, а так же низкой стоимости конечных устройств. Протокол ZigBee является открытым стандартом для беспроводной маломощной связи устройств, контроля и управления [1]. Его основой является стандарт IEEE 802.15.4, который ориентирован на создание персональных пространственных сетей с небольшой пропускной способностью и определяет нижние уровни протокола, а ZigBee определяет верхние уровни протокола - сетевой и прикладной. Таким образом, IEEE 802.15.4 задает физическую связь, а ZigBee - логику сети.

В работе рассматривались топологии «звезда» (модель I) и «иерархическое дерево» (модель II и III). В обоих случаях конечные узлы являются устройствами с малой функциональностью (RFD – Reduced Function Device) и представляют собой источники видеоинформации, нуждающейся в передаче на центральный узел – координатор сети, устройство с полной функциональностью (FFD – Full Function Device). В топологии «иерархическое дерево» существуют промежуточные узлы сети – устройства с полной функциональностью (FFD), не вносящее дополнительной информации. Задача таких узлов – маршрутизация данных до конечных точек. Число конечных узлов составило 12, 18, 26, число промежуточных FFD устройств 0, 2, 4 соответственно. Модели сети представлены на рис. 1. Все каналы передачи данных имеют пропускную способность в 250 Кбит/с и являются полнодуплексными.

В процессе анализа работы модели был выбран следующий сценарий поведения сети: конечные узлы в случайные моменты времени начинают передачу видеоинформации на координатор сети по UDP протоколу. Протокол UDP применен в силу того, что по алгоритмы своей работы подходит для поставленной задачи [2-7].

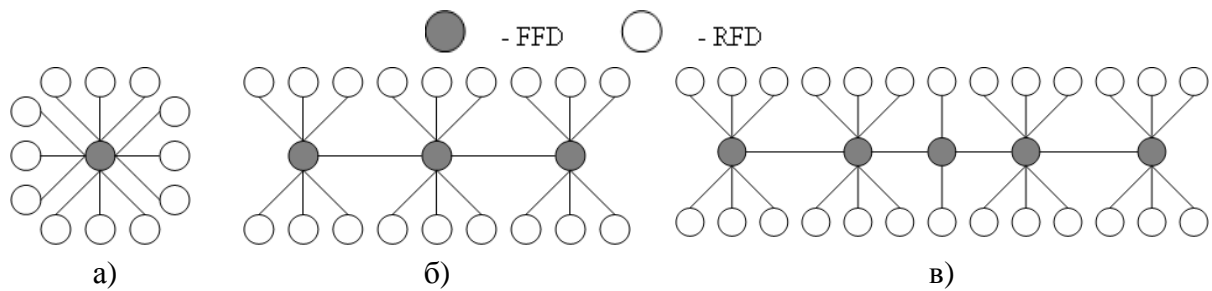


Рис. 1. Топологии сети. Модель I (а), модель II (б), модель III (в).

Передача пакетов идет без установления соединения, это позволяет ему гораздо быстрее и эффективнее доставлять данные для приложений, которым требуется малое время доставки. Одновременно с этим по сети циркулируют данные, необходимые для поддержания её в рабочем состоянии. Для исследования была написана программа, позволяющая моделировать движение машин по четырехполосной автомагистрали. Предполагаемые автомобили имеют скорости, колеблющиеся в интервале от 40 до 110 км/ч, при превышении скорости в 60 км/ч происходит предполагаемое срабатывание датчика на данном участке дороги и инициализация процесса передачи видеoinформации конечным узлом, привязанным к данному датчику. Возможно изменение плотности потока машин на трассе. В работе рассматриваются случаи 50% загрузки магистрали – 20 машин одновременно находятся на рассматриваемом участке дороги и 100% загрузки – 40 машин.

Исходная видеoinформация представляет собой последовательность из 11 кадров, имеющих разрешение 172x144 и скорость 1 кадр/с. На кадрах представлены фотографии номера «машины-нарушителя».

Для сжатия используется стандарт MPEG-2, ввиду его широкой распространенности и наличия большого числа наружных видеокамер, поддерживающих требуемое разрешение, кадровую скорость и сжатие MPEG-2 [7,8].

Результаты моделирования приведены в Таблице 1.

Таблица 1.
Значения пикового отношения сигнал/шум для каждого типа топологии

Топология		PSNR, dB
Модель I	Загрузка магистрали 50%	36,20
	Загрузка магистрали 100%	20,65
Модель II	Загрузка магистрали 50%	34,29
	Загрузка магистрали 100%	13,37
Модель III	Загрузка магистрали 50%	24,29
	Загрузка магистрали 100%	4,71

Как видно из таблицы, наименьшие потери видеoinформация претерпевает при использовании модели I. Основная часть значений PSNR для загрузки автомагистрали на 50% находится на уровне 36,20dB, т.е. уровень сигнала в 64 раз выше уровня помех. Качество видеooбражения позволяет провести распознавание номера машины. Данный результат обусловлен тем, что каждый из конечных узлов связан с координатором сети напрямую, отдельным беспроводным каналом. Пропускная способность канала ZigBee достаточна для передачи данного видеопотока. На остальных топологиях качество изображения при 50% загрузке несколько ниже. Значения получены при наблюдении датчиков, максимально удалённых от центра сети.

Такие узлы ведут передачу данных через промежуточные FFD маршрутизаторы и являются не единственными к нему подключенными. Таким образом, по одному каналу передаются данные от нескольких узлов. Это проявляется на конечном видеоизображении виде искажений некоторых областей. Влияние искажений должно возрастать с увеличением числа промежуточных узлов, это подтверждается результатами. Соотношение сигнал\шум для модели III ниже чем для модели II. Рис. 2. даёт представление о видеокадрах, выделенные на рисунке искажения не накладываются на область, содержащую номер машины

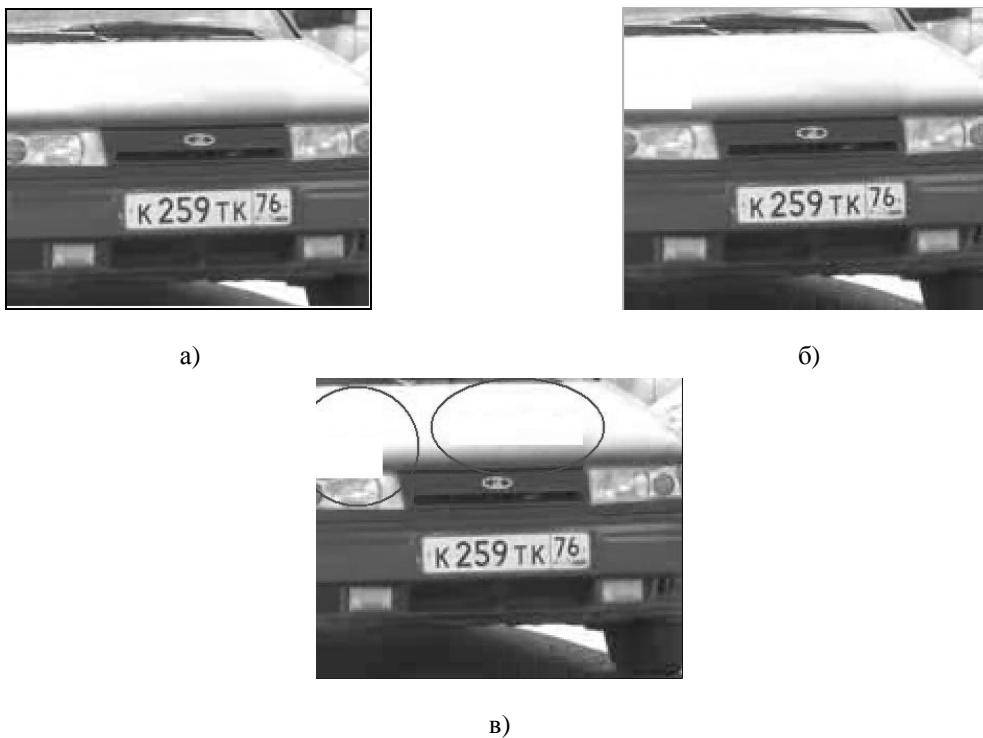


Рис. 2. Полученные видеокадры для модели I: 50% загрузка магистрали (а), 100% загрузка магистрали (б) Модели III: 50% загрузка магистрали (в)

Обратим внимание на случаи 100% загрузки автомагистрали. При использовании модели I ухудшение качества при экстремальном режиме загрузки возникает ввиду невозможности координатором одновременно обрабатывать большое количество потоков данных. Изменения, вносимые в кадры видеопоследовательности, незначительны и позволяют выполнить задачу распознавания номера машины. Использование модели II даёт нам значительные потери в качестве видеоизображения. Искажения накладываются на значимую для нас область с номером машины, распознавание затруднено для человека и может быть невозможно для программных средств. При использовании модели III на экстремальном режиме полученные видеокадры являются непригодными для задачи распознавания номера «машины-нарушителя». ZigBee устройства оснащены малыми объемами памяти и не способны создавать очередь пакетов. Приходящие данные должны быть переданы немедленно. При работе на экстремальном режиме на промежуточный FFD маршрутизатор приходят пакеты сразу от нескольких конечных узлов, он не способен передать их по загруженному каналу, не способен держать в памяти. Такие пакеты теряются. Решением сложившейся проблемы может служить создание нескольких каналов между промежуточным маршрутизатором и координатором. Для полного исключения потерь количество каналов должно равняться количеству конечных узлов, но это приведет к увеличению энергопотребления устройством. В данной работе это не было сделано в

силу того, что ставилась задача построить максимально энергоэффективную и простую сеть. Рис. 3. даёт наглядное представление о качестве кадров полученной видеопоследовательности.

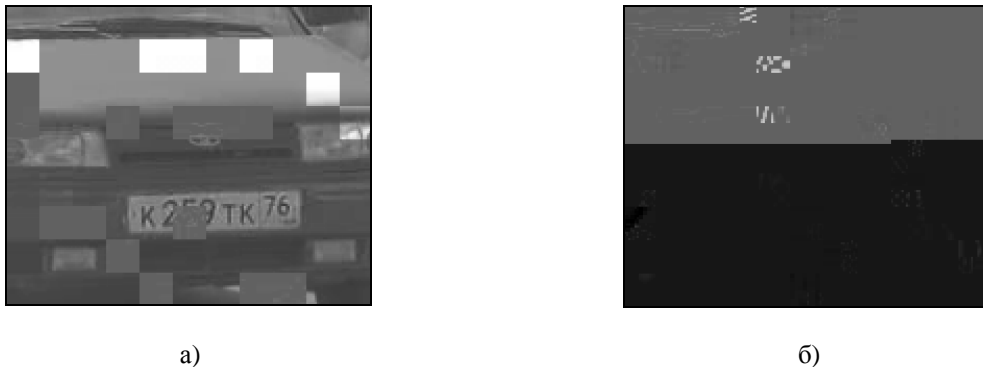


Рис. 3. Полученные видеокadres для случая 100% загрузки магистрали.
Модель II (а), модель III (б)

В данной работе рассматривается возможность применения низкоскоростной, но энергоэффективной технологии ZigBee для задач мониторинга дорожного движения. По результатам данной работы, модель I работает эффективнее других моделей вследствие того, что у нее более примитивная топология. Преимуществом технологии является низкое энергопотребление и дешевизна устройств. Недостатком – малая пропускная способность канала, что ограничивает возможности применения стандарта. Имитационное моделирование сети важно как для проектирования новых сетей, так и для исследования возможностей новых сетевых стандартов. Актуальным является применение узкоспециализированных технологий для решения задач в строительстве линий связи. Такое сетевое оборудование позволяет экономить материальные ресурсы конечного пользователя, одновременно удовлетворяя всем требованиям.

Литература

1. Шахнович И.В. Современные технологии беспроводной связи. М.: Техносфера, 2006., 288с.
2. Парамонов А.И. Имитационное моделирование систем и сетей связи. ЛООНИИС, 2000, 345с.
3. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003., 384с.
4. Rose O. Discrete-time analysis of a finite buffer with VBR MPEG video traffic input // In proc. of ITC 15. 1997. P. 413–422.
5. Adas A. Traffic models in broadband networks // IEEE Communications Magazine. 1997. V. 35, P. 82–87.
6. Arvidsson A., Karlsson P. On traffic models for TCP/IP // In proc. of ITC 16. 1999. P. 457–466.
7. Медведев В.Г., Тупицын В.В., Давыденко Е.В. Имитационное моделирование передачи потокового видео в локальных домовых сетях при значительной нагрузке канала // Докл. 9-ой междунар. конф. “Цифровая обработка сигналов и ее применение” (DSPA’07). Москва. 2007. Т. 1, С. 201–204
8. Бакланов И.Г. NGN: принципы построения и организации. М.: Эко-Трендз, 2008, 400с.