

Труды XXIV научной конференции по радиофизике

**СЕКЦИЯ
«ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЙ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ
И ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ»**

Председатель – А.Л. Умнов, секретарь – С.Б. Сулова.
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского.

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СЕТЕВАЯ СИСТЕМА МИКРОРЕАКТОРОВ ДЛЯ УМНЫХ ГОРОДОВ

А.Л. Умнов¹, А.В. Князев¹, Р.Д. Благин¹, Д.А. Беспалов¹, И.С. Волгин¹,
Д. Говедарица², А.Е. Тараканова¹, Б. Янкович²

¹ННГУ им. Н.И. Лобачевского

²Университет города Нови-Сад

Современная городская инфраструктура несет в себе черты старых ограничений, связанных с консервативностью строительных технологий и возможностями техники прошлого времени. В частности, в настоящее время в городах отсутствуют трубопроводные сети, позволяющие перемещать жидкие, газообразные, пылевидные, гранулированные и разжиженные вещества как внутри отдельных зданий, так и между зданиями по большим территориям.

Очевидными исключениями являются водопроводы, системы вентиляции, а также газовые сети. Только природный газ, сгорая, используется локально не в том виде, в котором он транспортируется по трубам. В тоже время технологии готовы к тому, чтобы обеспечить массовое распределение самых разных материальных ресурсов внутри городов по трубопроводам с их локальным преобразованием для решения широкого спектра задач по требованию («on-site/on-demand production»), которые ранее не имели простых решений.

Современные технологии позволяют создавать располагающиеся в разных точках зданий микрореакторы различных типов, которые могут наполняться веществами, поступающими через трубопроводные сети зданий, и производить некоторый локально востребованный продукт в то время, когда продукт востребован, а также перемещать материалы между зонами здания.

В данном случае под микрореактором мы будем понимать не только химические микрореакторы, но и вообще любые малогабаритные устройства, преобразующие поступающие в них извне потоки веществ: расплывающие их, изменяющие температуру или агрегатное состояние, создающие новые химические соединения, образующие смеси и т. п.

Использование современных датчиков и микропроцессорной техники и сетевых проводных и беспроводных систем связи позволяет добиваться точной дозировки компонентов реакций, соблюдения условий оптимального их протекания (с учетом факторов окружающей среды), обеспечивающих требуемые для данной точки пространства параметры производимого вещества, а также создавать цепочки согласованно работающих микрореакторов, расположенных на больших площадях. Важно, что технологии Интернета вещей позволяют достигать этих результатов по ценам, существенно более низким, чем традиционные технологии автоматизации при достаточной для практического использования надежности.

В случае использования в качестве конечных устройств проточных химических микрореакторов [1, 2] возникает возможность полной автоматизации химического процесса и управления его компьютерной программой. В таких реакторах реагенты с помощью насосов по маленьким трубкам – микроканалам подаются в смеситель, в котором происходит смешивание компонентов при поддержании заданной температуры и возможности воздействия на зону реакции оптическим излучением, ультразвуку-

ком и т.п., причем условия протекания реакции могут быть быстро изменены по команде с компьютера. Микрореакторы могут быть как стационарно закрепленными на стенах зданий или предметах в них, так и использоваться совместно с декартовыми роботами или роботами-манипуляторами, позволяющими с их помощью доставлять химические вещества в нужные точки пространства, например, для обработки поверхностей. Возможен также вариант мобильных быстроразвертываемых систем, предназначенных для решения разовых задач.

Микрореакторы обладают многими преимуществами по сравнению с реакторами обычного масштаба, в том числе повышенной энергоэффективностью, скоростью и производительностью реакции, безопасностью, надежностью, легкой масштабируемостью, гораздо более точной степенью управления процессом и, что особо отмечалось выше, возможностью работать по требованию.

Доставка внутри зданий готовых химических соединений или их локальное производство из нескольких компонент может иметь множество применений, например:

- создание зонального распределения поля влажности в помещении;
- дезинфекция воздуха и поверхностей помещения в определенной зоне с помощью распыления дезинфицирующего раствора;
- обновление защитных покрытий строительных конструкций смесями вступающих в химическую реакцию веществ;
- окраска поверхностей;
- очистка поверхностей с помощью химических реакций;
- очистка поверхностей паром;
- создание полей ароматов в воздухе помещений;
- создание индивидуальных растворов удобрений для каждого растения, находящегося в помещении;
- приготовление ингредиентов кулинарных блюд по методу традиционной или молекулярной кухни;
- наполнение кормушек и поилок домашних животных;
- локальная утилизация и переработка отходов, создание замкнутых циклов использования моющих и чистящих средств, утилизация упаковочного пластика;
- химическое преобразование и аккумулирование солнечной энергии;
- создание интерьерных эффектов с помощью химических реакций, протекающих с изменением цвета, вспышками и т.п.;
- сезонное создание и удаление теплозащитных покрытий или объемных тепловых экранов, размещающихся в полостях зданий;
- 3D-печать предметов быта, элементов интерьера, элементов строительных конструкций;
- питание системы топливных элементов, распределенных по помещению;
- поглощение углекислого газа из воздуха с последующим использованием его в качестве сырья для пластмасс;
- создание распределенной сети датчиков параметров окружающей среды со сменными реактивами;
- очистка воды и воздуха в помещениях с использованием реакций с пополняемым запасом реактивов.

Естественно, что специализированные городские помещения – химические микрофабрики, ситифермы, лаборатории и т.п. могут использовать распределенную систему генерации веществ с необходимыми свойствами с еще большей эффективностью, чем жилые и офисные помещения для производства рыночных продуктов (как химических веществ, так и конечной продукции). Известно [3, 4], что переход к микропредприятиям различного профиля, интегрированным в городскую инфраструктуру, – явный тренд последних десяти лет, что делает задачу разработки систем снабжения реактивами для них весьма актуальной. Наиболее востребованными видами производств на микропредприятиях могут стать, например, производство изделий из пластмассы по индивидуальным потребностям заказчика, а также производство продуктов питания, адаптированных под потребности организма конкретного человека, для которых хорошо подходит описанная схема использования микрореакторов. Особенно привлекательной является идея использования на химических микрофабриках сетевых микрореакторов, элементы которых могут быть напечатаны на 3D-принтере «по требованию» [6]. Подобный подход позволит, например, в будущем больницам производить собственные лекарства, адаптированные под потребности конкретного больного. Отдельно отметим возможность использования бытового газа для синтеза различных химических соединений в микрореакторах. Его повсеместная доступность в городах уже сейчас открывает огромные перспективы для локального синтеза востребованных в домохозяйствах химических веществ.

Очевидно, что подобные системы должны быть построены как специальные сети, узлы которых объединены трубопроводами и интегрированы с сетевой системой связи. Системы должны иметь в своем составе: источники химических веществ (реагентов), узлы-распределители их потоков, контрольные пункты, обеспечивающие мониторинг их состава, а также учет их объемов, системы прецизионного смешивания реагентов, дозаторы, позволяющие точно отмерять их количество, системы временного хранения химических веществ при определенных условиях, системы, обеспечивающие согласование потока вещества с конечным его потребителем. Каждый блок с помощью беспроводных (предпочтительнее) или проводных каналов связи должен быть подключен к общей компьютерной сети объекта, к которой также подключен локальный сервер, осуществляющий общий мониторинг и управление группой привязанных к конкретному помещению или зданию объектов, а также поддерживающий связь с общим сервером системы, координирующим действия на уровне района, города или группы городов. Именно интеграция с сетевой системой связи позволяет обеспечить легкое управление системой и ее беспроблемное масштабирование.

Задачи расчета движения веществ по трубам находятся вне фокуса внимания данной работы. Эти проблемы освещены, например, в монографии [5]. Предполагается, что как сами трубы, так и насосы, передвигающие вещества, обладают достаточными ресурсами, для выполнения транспортных функций. Фокус внимания в докладе сосредоточен на возможности построения управляемой сети микрореакторов, подключенных к распределительной трубопроводной сети.

К настоящему моменту нами разработан и собран в помещении площадью 100 м² прототип описанной выше распределенной системы, осуществляющий индивидуальный подбор концентрации удобрений для комнатных растений. Прототип содержит большинство перечисленных выше элементов.

Общая схема прототипа представлена на рисунке 1 и состоит из: блока подготовки растворов (1), блока анализа проб (2), элементов трубопровода (3), беспроводной связи (4), блоков микрореакторов (5), растений (6), локального (7) и центрального серверов (8).

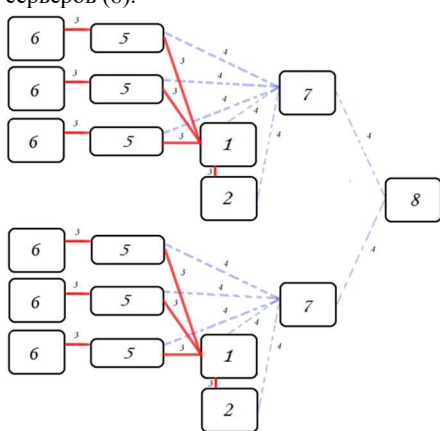


Рис. 1

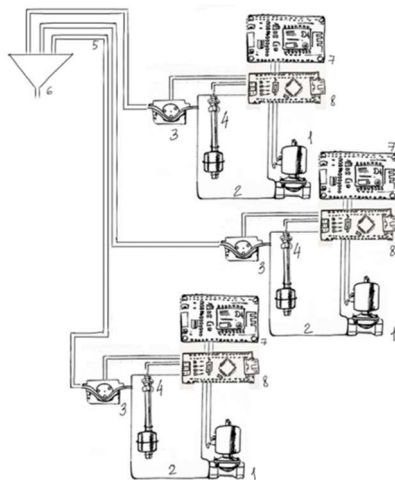


Рис. 2

Требуемая для конкретного растения концентрация удобрений создается в очень простом микрореакторе (рис. 2), состоящем из: электромагнитного клапана (1), буферной емкости (2), перистальтического насоса (3), датчика уровня (4), элементов трубопровода (5), микрокапельного смесителя (6), Wi-Fi модуля (7), модуля микроконтроллера (8), за счет смешивания раствора удобрения со стандартной концентрацией с водой в заданных пропорциях. Вода и раствор удобрения стандартной концентрации подаются в смеситель из буферных баков, расположенных рядом с растением с помощью перистальтических насосов по команде с локального сервера, вырабатываемой на основе данных о виде растения, стадии его вегетации, окружающих растении условиях и инструментальной оценки состояния растения.

Вода и растворы удобрений со стандартной концентрацией поступают в буферные баки из центрального блока подготовки растворов (рис. 3) по сети комнатных трубопроводов. Блок подготовки растворов состоит из следующих элементов: модуля микроконтроллера (1), Wi-Fi модуля (2), роторного насоса (3), датчика уровня (4), буферной емкости (5), элементов трубопровода (6). Растворы удобрений стандартной концентрации и вода с заданным уровнем кислотности готовятся в центральном блоке подготовки растворов путем объемного смешивания концентрированных растворов удобрений и нормализаторов кислотности, изготовленных промышленным способом с водопроводной водой под контролем устройства, автоматически отбирающего пробы создаваемых жидкостей и измеряющего их проводимость и кислотность (рис. 4). Он состоит из: датчика уровня жидкости (1), перистальтического дозирующего насоса

(2), роторного промывного насоса (3), стеклянного электрода (4), металлического электрода (5), электромагнитного клапана (6), модуля микроконтроллера (7), Wi-Fi модуля (8).

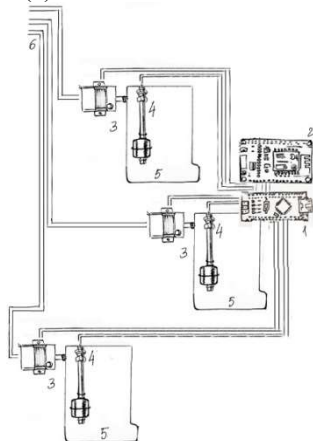


Рис. 3

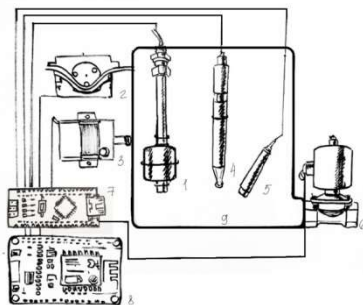


Рис. 4

В прототипе системы при работе в автоматическом режиме, получены следующие абсолютные погрешности определения концентрации удобрений в растворе:

- для неорганических удобрений: $\pm 0,15$ г/л,
- для органических удобрений: $\pm 2,8$ г/л.

Абсолютная погрешность при приготовлении рабочих растворов объемом 100 мл из растворов со стандартной концентрацией составляет:

Табл.

Тип удобрений	Концентрация г/л	Погрешность г/л
Неорганическое	1,6 г/л	0,018 г/л
Неорганическое	0,2 г/л	0,002 г/л
Органическое	300 г/л	4,7 г/л
Органическое	70 г/л	0,98 г/л

Полученной точности вполне достаточно для индивидуальной оптимизации роста одиночных растений. Однако при применении контрольных датчиков, например, датчиков уровня, ёмкости, влажности можно снизить вклад погрешности работы перистальтических насосов и сохранить ошибку на текущем уровне при загрузке любых количеств растворов.

Управление прототипом системы построено на базе платформы Alterozoom. Все элементы микрореакторов, входящих в систему, а также центральный блок подготовки растворов имеют в своем составе микропроцессорные модули на базе Arduino оборудованных WiFi модулями, подключающими их к локальной сети помещения, к

которой также подключен локальный сервер, управляющий каждым микрореактором, а также передающий интегрированные данные о работе локальной системы ухода за растениями на центральный сервер, к которому может быть подключено множество локальных систем. Число микрореакторов, которые могут быть подключены к локальному серверу, а также число локальных систем, которые могут быть подключены к центральному серверу ограничено лишь экономическими требованиями. Сбор больших данных, поступающих от множества локальных систем должен позволить выработать эффективные алгоритмы управления локальными системами (в настоящее время к центральному серверу подключена только одна локальная система – описанный прототип). Программирование локального сервера осуществляется с помощью интегрированного в систему Alterozoom визуального языка программирования, что позволяет специалисту, не обладающему навыками программирования самостоятельно но устанавливать, настраивать и обслуживать систему.

Следует подчеркнуть, что описанный прототип на простом примере демонстрирует самые общие принципы построения распределенных сетевых систем микрореакторов для «умных» городов. Более сложные реакторы могут потребовать большего числа реагентов, поддержания фиксированной температуры, при которой протекает реакция и т.п. В данном докладе мы не коснулись вопросов безопасности предлагаемых систем, которые в каждом конкретном случае должны рассматриваться отдельно в зависимости от класса опасности транспортируемых, преобразуемых и синтезируемых веществ.

- [1] Roberge D.M., Ducry L., Bieler N., Cretton P., Zimmermann B. // *Chem. Eng. Tech.* 2005, No. 28. P. 318.
- [2] Wiles C., Watts P. // *Chem. Commun.* 2011. No. 47. P. 6512.
- [3] Кузнецов А.В. // *Гуманизация образования.* 2013. № 1. С. 38.
- [4] Лучинин В.В. // *Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы.* 2016. № 3–4. С. 2.
- [5] Kitson P.J., Marie G., Francoia J.-P., Zaleskiy S.S., Sigerson R.C., Mathieson J.S., Cronin L. // *Science.* 2018. Vol. 359, No. 6373. P. 314.
- [6] Селезнев В.Е., Алешин В.В., Прялов С.Н. *Математическое моделирование трубопроводных сетей и систем каналов: методы, модели и алгоритмы.* – М: ООО «Макс Пресс», 2007. 695 с.

СОЗДАНИЕ VR-СРЕДЫ И ИНТЕРФЕЙСОВ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СО СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

Н.К. Жданов, Д.В. Федаков, И.В. Седунов

ННГУ им. Н.И. Лобачевского

Введение

Возможности, предлагаемые VR, велики. В настоящее время технологии виртуальной реальности широко используются во многих сферах человеческой деятельности: от проектирования и строительства, образования и здравоохранения, до маркетинга, рекламы, сферы игр и развлечений и т.д. Технологии виртуальной реальности (VR) в производстве завоевывают новые рынки, предлагая широкий спектр возможностей для использования в корпоративной и производственной среде.

Одно из таких – VR-SCADA, новое направление развития SCADA-систем. Главная задача SCADA-систем – это сбор информации о множестве удаленных объектов, поступающей с пунктов контроля, и отображение этой информации в едином диспетчерском центре. При этом SCADA-система должна обеспечивать долгосрочное архивирование полученных данных.

Задачи и требования к VR-SCADA для экспериментальной зоны

Диспетчер зачастую обладает возможностью не только пассивно наблюдать за объектом, но и им управлять им, реагируя на различные ситуации. При использовании VR-SCADA-системы, при её проектировании возникает ряд задач:

- обмен данными с УСО (устройства связи с объектом) в реальном времени;
- обработка информации в реальном времени;
- ведение базы данных реального времени с технологической информацией;
- отображение информации в удобной и понятной для человека форме;
- аварийная сигнализация и управление тревожными сообщениями;
- подготовка и генерирование отчетов о ходе технологического процесса;
- осуществление сетевого взаимодействия между объектами;
- обеспечение связи с внешними приложениями.

Таким образом, VR-SCADA-система должна удовлетворять следующим требованиям:

- единый формат представления данных на сервере;
- надёжность системы (технологическая и функциональная);
- точность обработки и представления данных;
- простота расширения системы;
- открытость и масштабируемость;
- точное ведение технологического процесса;
- уменьшения действий оператора;
- одновременный анализ различных факторов.

Принципы, закладываемые в разрабатываемые VR-сцены IoT

Технология VR для визуализации измерений с датчиков дает наглядное и удобное отображение и возможности удаленного взаимодействия с устройствами в реальном

пространстве через виртуальную среду, поэтому для более точного взаимодействия необходима передача ощущения нахождения в реальности. Шлемы виртуальной реальности могут предоставить пользователю динамическую трехмерную визуализацию удаленной или абстрактной трехмерной реальной среды в реальном времени.

В рамках настоящей работы предложено собственное решение VR-IoT, которое тестируется на реальном испытательном стенде с Oculus Rift S и несколькими устройствами IoT, разработанном в лаборатории ФОТ БС университета ННГУ им. Н.И. Лобачевского.

Реализация VR-сцен с обоснованием конкретных решений

Для разработки собственного решения использовалось программное обеспечение (движок) Unreal Engine 4, так как он обладает необходимым функционалом, а также имеет отличное качество визуализации, что очень важно для восприятия.

Была создана точная 3D-модель, копирующая помещение лаборатории. Эта модель, а также некоторые другие, были импортированы в UE4. Для каждой модели создан материал и нанесен на поверхность объектов. После чего с помощью этих ассетов (виртуальных объектов) создавалась сцена, на которую были добавлены и качественно настроены источники освещения и Post-Processing (постобработка внешнего вида объектов) для придания сцене реалистичности, а также другие необходимые компоненты, такие как Lightmass Importance, Nav Mesh Bounds, Blocking Volume, Reflections Capture. Далее на сцену была перенесена модель помещения, а также дополнительные объекты для заполнения пространства.

В проекте создан класс «Character», который обеспечивает следующие функции:

- передвижение в любую сторону с помощью стика на левом джойстике;
- резкое вращение на 45° с помощью стика на правом джойстике;
- телепортация с помощью стика на правом джойстике;
- нажатие кнопки для открытия «Главного меню»;
- взаимодействие с предметами (возможность взять);
- взаимодействие с переключателями света;
- нажатие боковой кнопки на джойстике для включения лазерной указки, с помощью которой происходит взаимодействие с виджетами, а также с удаленными объектами.

Описание результатов выполненных работ. Экспериментальные данные.

Экспериментальным путем выяснены некоторые особенности работы в VR-среде, а именно:

- при взаимодействии с объектами желательно использовать анимацию взятия в зависимости от размеров и формы объекта, либо скрывать модель руки;
- при работе с контроллерами HTC Vive лучше не использовать боковые кнопки, т.к. новому пользователю сложно их обнаружить;
- лучше использовать как можно меньше кнопок на контроллере;
- если в контроллере присутствует функция отслеживания жестов, то желательно её использовать;
- необходимо либо выделять интерактивные объекты четкой визуальной индикацией, либо располагать их отдельно со статичными;

- желательно добавить наглядное обучение для новых пользователей;
- для перехода между сценами необходима отдельная сцена с абстрактным окружением, т.к. черный экран сбивает с толку;
- важно не перегружать функционалом объекты на руках, отвечающие за вызов интерфейса;
- желательно озвучивать взаимодействия с интерактивными объектами и интерфейсов;
- заранее дать на выбор пользователю вариант положения в реальности (стоя, сидя);
- важно размещать виджет с меню перед глазами пользователя, исключая необходимость поворачивать голову.

Видео с демонстрацией возможностей полученного решения представлено в Интернете по ссылке: <https://www.youtube.com/watch?v=nG91BLFPZMs>.

Заключение

Полученное решение благодаря высокой скорости взаимодействия и различным элементам интерфейса позволяет получать наглядное представление измерений в реальном времени.

В ходе исследований было выяснено, что VR-среда и интерфейсы для визуализации дают пользователю возможность взаимодействия со сложной технической системой и наглядное представление полученных данных из реального мира в различных видах.

Виртуальная реальность предоставляет возможность удаленного контроля и получения наглядной и удобной для восприятия информации о состоянии системы Интернета вещей на основе измерений, полученных с датчиков, а также значений, рассчитанных с помощью математических моделей процессов, происходящих в реальном помещении.

- [1] Aukstakalnis S. Practical Augmented Reality: A Guide to the Technologies, Applications, and Human Factors for AR and VR (Usability). Boston: Addison-Wesley. 2016. 420 p.
- [2] Bulearca M., Tamarjan D. // Global Business and Manag. Research: An Int. Journal. 2010. Vol. 2, No. 2&3. P. 237.
- [3] Fite-Georgel P. // 10th IEEE Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality. 2011. P. 201.
- [4] Kaehler et al. Adrian Kaehler A., Bradski G., Prasanna Krishnasamy P., Lee D. // Patent No. WO2016210354A1 «Augmented reality devices, systems and methods for purchasing».
- [5] https://appfigures.com/top-sdks/ar_vr/all.
- [6] <https://ecoimpact-ple.com/en/documents/5867.html>.

РЕАЛИЗАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ VR-СРЕДЫ СО СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ (НА ПРИМЕРЕ ЗОНЫ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ)

Н.К. Жданов, Д.В. Федаков, И.В. Седунов

ННГУ им. Н.И. Лобачевского

Введение

Правильно разработанная VR-среда является моделью реальной технической системы, которая должна выглядеть как реальная физическая система, но обладать средствами отражения процессов, протекающих в реальной системе, и иметь возможности как прогнозировать её поведение, так и управлять этой системой.

Для того, чтобы VR-среда могла быть использована в качестве SCADA-системы, необходимо создать интерфейс взаимодействия между VR- и реальной системой. Работы в этой области интенсивно ведутся во всем мире, но в силу разнообразия технических систем и тем, что VR-технологии до настоящего момента можно считать молодой и бурно развивающейся отраслью, стандартных решений нет.

В настоящей работе была поставлена задача предложить такие технические и программные решения, которые позволили бы сопрячь ранее установленную в лаборатории физических основ и технологий беспроводной связи экспериментальную зону Интернета вещей (метеостанцию) с разработанным для неё VR-образом (моделью). На основе выполненной работы в дальнейшем предполагается сформулировать общие рекомендации по созданию подобных интерфейсов.

Архитектура программно-аппаратного комплекса экспериментальной зоны

В качестве экспериментальной зоны Интернета вещей представлена метеостанция, которая состоит из следующих компонентов.

Arduino Mega 2560 – самая функциональная платформа компании, предназначенная для создания различных микросистемных устройств. Она позволяет создавать большие проекты, в которых требуется задействовать много периферийных устройств (сотни датчиков и сенсоров), а её мощный контроллер способен быстро и эффективно обрабатывать с них данные.

Микросхема ESP8266 – один из самых популярных инструментов для организации беспроводной связи в проектах «умного дома». С помощью беспроводного контроллера можно организовывать связь по интерфейсу Wi-Fi, обеспечивая проектам Arduino выход в Интернет и возможность дистанционного управления и сбора данных. На основе ESP8266 созданы такие популярные платы как WeMos и NodeMCu, а также огромное количество менее крупных проектов.

Датчик BME280 – датчик атмосферного давления, влажности и температуры.

Датчик MQ-2 – датчик газа/дыма.

Датчик MH-Z19 – датчик углекислого газа.

База данных на сервере реализована в форме SQL-таблицы, каждый их столбцов которой соответствует измеряемой величине, а каждая строка является набором значений этих величин в определенный момент времени. Отдельная строка в базе выделена для записи даты и времени измерения.

Http запросы от платы Arduino и VR-приложения обрабатываются с помощью соответствующих php-скриптов. Для получения данных с сервера с определенной периодичностью отправляется запрос по протоколу http, в ответ на который сервер отправляет данные в виде json-объекта. Полученный json-объект преобразуется в набор переменных, которые впоследствии используются в качестве параметров объектов, составляющих элементы VR-сцены.

Общие характеристики VR-модели

VR-модель представляет собой цифровой двойник лаборатории. В виртуальном пространстве присутствуют элементы для взаимодействия и визуализации данных с датчиков, находящихся в лаборатории.

VR-модель реализована на движке Unreal Engine 4. Она содержит 3D-модель, являющуюся копией реального помещения, а также другие необходимые 3D-модели (например, метеостанция). Для взаимодействия с VR-моделью созданы элементы управления, позволяющие перемещаться в пространстве и взаимодействовать с объектами сцены, и интерактивные виджеты. С помощью виджетов осуществляется визуализация данных, отображаются текущие параметры и графики с измеренными и рассчитанными значениями.

Для расчёта значений различных величин в трехмерном пространстве была создана модель объемного распределения температуры и влажности воздуха в помещении, получаемая на основе текущих показаний датчиков температуры и влажности, расположенных в нескольких точках пространства внутри помещения, и датчиков внешней погоды. Модель позволяет делать прогноз изменения температуры и влажности в каждой точке на основе имеющихся данных по этим параметрам, полученных с реальных датчиков. Визуализация данных в VR по текущему распределению параметров, историческому и прогнозируемому, выполняется с помощью трехмерной сетки, отображающей распределение значений в пространстве с помощью градиента цвета, и виджета с текущим значением измерения. Для изменения плотности и расположения элементов трехмерной сетки создан специальный виджет, который можно вызвать через меню.

Предлагаемые программные и аппаратные интерфейсные решения

Большинство разработчиков VR используют игровые движки, такие как Unreal Engine 4 (UE4) и Unity. Эти движки обладают гибким и широким набором функций и инструментов: механизмами управления 3D-средой и импортом контента, такого как модели, изображения, звуки и видео. Каждый из них имеет свои особенности. Обычно считается, что UE4 лучше оптимизирован для расчетов и даёт более надежную картину. Unity является более интуитивным и эффективным для начинающих.

Помимо игровых движков осуществляется разработка интерактивных VR-веб-страниц. Это можно сделать с помощью языка разметки A-Frame в Mozilla, используя JavaScript, HTML5 и/или WebGL. Аналогичные эксперименты ведутся в Chrome и Mozilla. Веб-разработка позволяет отображать VR-контент непосредственно на смартфонах, поэтому не требуется дорогое дополнительное оборудование. Кроме того, нет необходимости компилировать или упаковывать код. Существует также

редактор виртуальных сцен Vizor, который позволяет рисовать на компьютере и просматривать с мобильных устройств.

Описание результатов выполненных работ. Экспериментальные данные.

В результате проведённой работы были изучены различные способы взаимодействия VR-среды со сложной технической системой и выполнена их техническая реализация.

Создана система управления VR-средой с возможностью масштабирования и подключения дополнительных устройств, а также осуществлена двусторонняя передача данных между реальной и VR-средой.

Видео с демонстрацией возможностей полученного решения: <https://www.youtube.com/watch?v=nG91BLFPZMs>.

Заключение

В ходе исследований было выяснено, что VR-среда и интерфейсы для визуализации дают пользователю возможность взаимодействия со сложной технической системой и наглядное представление полученных данных из реального мира в различных видах.

Виртуальная реальность предоставляет возможность удаленного контроля и получения наглядной и удобной для восприятия информации о состоянии системы Интернета вещей на основе измерений, полученных с датчиков, а также значений, рассчитанных с помощью математических моделей процессов, происходящих в реальной среде.

- [1] Aukstakalnis S. Practical Augmented Reality: A Guide to the Technologies, Applications, and Human Factors for AR and VR (Usability). – Boston: Addison-Wesley. 2016. 420 p.
- [2] Bulearca M., Tamarjan D. // Global Business and Manag. Research: An Int. Journal. 2010. Vol. 2, No. 2&3. P. 237.
- [3] Fite-Georgel P. // 10th IEEE Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality. 2011. P. 201.
- [4] <https://ecoimpact-ple.com/ru/documents/204.html>.
- [5] <https://ecoimpact-ple.com/ru/documents/202.html>.
- [6] <https://ecoimpact-ple.com/en/documents/5867.html>.

СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ПОГОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ

А.В. Будин, Д.А. Беспалов, А.Л. Умнов

ННГУ им. Н.И. Лобачевского

Существующие системы прогноза погодных условий не учитывают влияние на состояние окружающей среды микромасштабных неоднородностей рельефа и подстилающей поверхности. Городские строения, наличие или отсутствие асфальта, одиночные деревья и их группы, локальные параметры почв, близость микроводоёмов, холмистость местности – все это факторы, которые могут приводить к тому, что локальные параметры погоды могут существенным образом отличаться от усредненных даже по нескольким квадратным километрам условий.

Очевидно, что любые хозяйственные процессы, зависящие от локальных погодных условий, зависят не от усредненных по нескольким километрам погодных условий, а от состояния атмосферы, почвы, водной среды, внутреннего микроклимата зданий и даже от состояния отдельных предметов, участвующих в этих процессах. Повышение эффективности метеозависимой хозяйственной деятельности возможно только при условии перехода при прогнозировании погоды к микромасштабам. Современные технологии Интернета вещей позволяют сделать это экономически оправданным: выгода от перехода к микромасштабным прогнозам может превышать затраты на оборудование и инфраструктуру, позволяющие выполнять такие прогнозы.

Целью настоящей работы является создание прототипа системы прогноза значений локальных параметров окружающей среды, учитывающей локальные пространственные особенности.

В рамках данной работы была собрана модель метеостанции, которая измеряла локальные значения основных погодных параметров: температуры, относительной влажности и давления воздуха в условиях существенного влияния на значения этих параметров окружающих предметов.

Далее приведены результаты экспериментов по генерации сверхкраткосрочного прогноза температура воздуха вблизи стены здания, которое в силу его тепловой инерционности и создаваемой им тени существенно влияет на эту температуру, непрерывно изменяющуюся во времени, образуя временной ряд, который в свою очередь может быть использован для дальнейшего прогнозирования.

Прогнозирование временных рядов – это предсказание значения параметра на основе его последовательных значений в прошлом. К основным способам разработки прогноза относятся экстраполяция и моделирование [1]. В рамках данной работы применялся свободный от модели метод, предназначенный для исследования структуры временных рядов «Гусеница» [2].

В рамках данной работы была проведена обработка значений температуры, полученных локальной метеостанцией, рассчитан прогноз на несколько точек вперёд. Прогнозируемые значения сравнивались с экспериментальными.

Эксперимент проводился с использованием инфраструктуры сервиса ЕСОИМРАСТ. Данные о локальных параметрах среды собирались с помощью нескольких беспроводных метеостанций, построенных на базе плат NodeMCU, оборудованных датчиками ВМЕ280, которые регистрировали температуру, влажность и давление атмосферного воздуха. Данные с датчиков на локальный сервер тестовой

зоны Интернета вещей передавались с интервалом в 10 минут по Wi-Fi каналу. С локального сервера данные передавались через сеть Интернет на центральный сервер, обеспечивающий сбор, хранение и обработку данных со многих тестовых зон Интернета вещей сервиса ЕСОИМРАСТ. В качестве желаемой точности прогноза рассматривалась точность в 95% [3].

Далее приведены результаты эксперимента по сбору и прогнозированию температуры уличного воздуха вблизи кирпичной стены здания.

Результаты экспериментов и прогнозирования представлены на рис. 1. На рис. 1, а показан прогноз на 850 точек (6 дней) по ряду длины 4391 (30 дней), на рис. 1, б – прогноз на 850 точек (6 дней) по ряду длины 3246 (22 дня), на рис. 1, в – прогноз на 850 точек (6 дней) по ряду длины 1746 (12 дней). Синим цветом показаны измененные значения, оранжевым – спрогнозированные.



Рис. 1, а

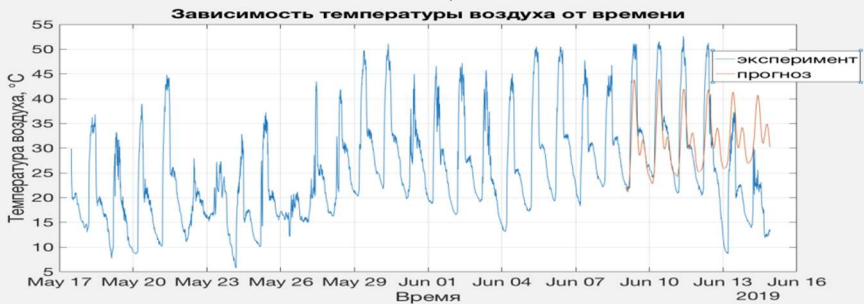


Рис. 1, б

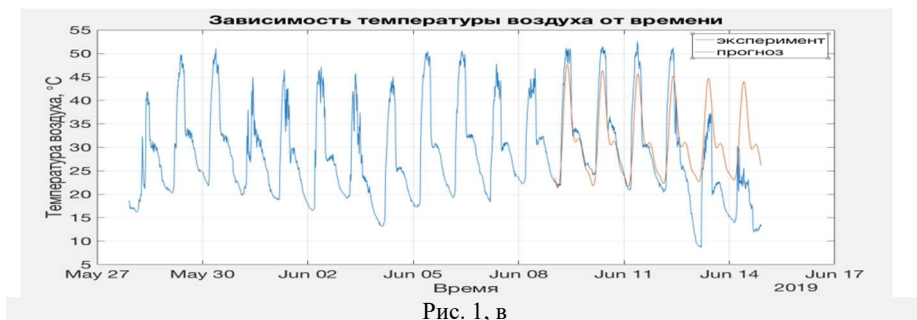


Рис. 1, в

Оценка качества прогноза для нескольких значений приведена в таблице 1.

В таблице представлены значения ошибки для трёх рядов данных длиной 4391, 3246 и 1746 соответственно. Ошибки рассчитаны для прогноза на 850 точек (6 дней, среднесрочный), 432 точки (трое суток, краткосрочный), 144 точки (сутки, краткосрочный), 72 точки (12 часов, краткосрочный), 36 точек (6 часов, сверхкраткосрочный), 6 точек (1 час, наукастинг) [4].

Табл.

	Длина исходного ряда	Ошибка прогноза, %					
		Прогноз на 850 точек	Прогноз на 432 точки	Прогноз на 144 точки	Прогноз на 72 точки	Прогноз на 36 точек	Прогноз на 6 точек
Ряд №1	4391	98,2	0,4	9,4	17,8	22,3	7,0
Ряд №2	3246	131,2	13,5	6,0	7,3	20,4	3,7
Ряд №3	1746	62,0	6,9	6,6	2,4	14,3	1,5

Значение ошибки прогноза рассчитано по формуле:

$$E_{rr} = \frac{|z(t) - Z(t)|}{z(t)} 100\%,$$

где $z(t)$ – фактическое значение временного ряда, $Z(t)$ – прогнозное.

Из табл. видно, что прогноз температуры воздуха на 6 дней (850 точек) имеет достоверность менее 40% для всех трёх длин исходного ряда. При этом прогноз на 1 час укладывается в заявленную точность 95% для рядов № 2 и 3. Использование для прогноза слишком длинной предыстории видимо не является оправданным, поскольку, как правило, приводит к увеличению ошибки, что может быть связано с тем, что при построении прогноза на текущие короткомасштабные по времени изменения данных, связанные с соответствующими короткомасштабными атмосферными процессами, начинают влиять исторические данные, которые с короткомасштабными

процессами не связаны. На основе полученных результатов можно сделать предварительный вывод, что использованный метод прогноза не очень хорошо подходит для прогноза погоды на несколько дней, но может быть эффективно использован для оценивания параметров среды (или объектов, находящихся в этой среде) на ближайшие несколько часов.

Прогноз на несколько часов особенно актуален для систем автоматического управления метеочувствительными техническими и биологическими объектами, например, системами отопления жилых зданий или теплиц, строительными принтерами, минипекарнями, робототехническими комплексами, выполняющими сельскохозяйственные полевые работы и т.п.

Полученные в ходе описанных исследований результаты хотя и являются предварительными, но, очевидно, показывают возможность и перспективность дальнейших исследований, направленных на оптимизацию работы метеочувствительных систем за счет построения краткосрочных прогнозов состояния среды, участвующей в функционировании этих систем.

- [1] Кизбикенов К.О. Прогнозирование и временные ряды. – Барнаул: ФГБОУ ВО «АлтГПУ», 2017. 113 с.
- [2] Главные компоненты временных рядов: метод «Гусеница» / Под ред. Д.Л. Данилова и А.А. Жиглявского. – СПб: Пресском, 1997. 308 с.
- [3] <http://method.meteorf.ru>
- [4] Лапина С.Н. Классификация метеорологических прогнозов, их оправданность и оценка экономической полезности. [Электронный ресурс] – Саратов: СГУ им. Н.Г. Чернышевского, 2014. 9 с.

ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ПЕРЕДАЧЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ЛИНЕЙНЫХ РАССЕЙВАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФАР В ПРИЁМНЫХ И ПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВАХ

Я.А. Силашкин, А.Л. Умнов

ННГУ им. Н.И. Лобачевского

Для изучения возможности использования управляемых линейных пассивных рассеивателей совместно с фазированными антенными решётками для построения беспроводной системы связи был проведен эксперимент по передаче изображений.

Эксперимент состоял в передаче файла изображения с расширением .jpg в условиях неэкранированного помещения. В качестве такого помещения было выбрано помещение Лаборатории физических основ и технологий беспроводной связи. В ходе эксперимента было произведено 9 попыток передачи информации со скоростью 10 Кб/с. Рассеиватель размещался в одной из 9 точек помещения, затем настраивались приёмная и передающая антенны, и совершалась попытка передачи изображения.

В качестве антенн использовались антенные системы с возможностью секторного и кругового сканирования в горизонтальной плоскости, а также возможностью секторного сканирования в вертикальной плоскости [1]. Настройка антенн состояла в выборе оптимальных весовых коэффициентов, обеспечивающих наилучшую различимость информационного сигнала на фоне помех.

Рассеиватель управлялся с помощью платформы Arduino Uno, в которую было записано исходное изображение. Использовалась амплитудно-импульсная модуляция и крайние состояния линейного рассеивателя.

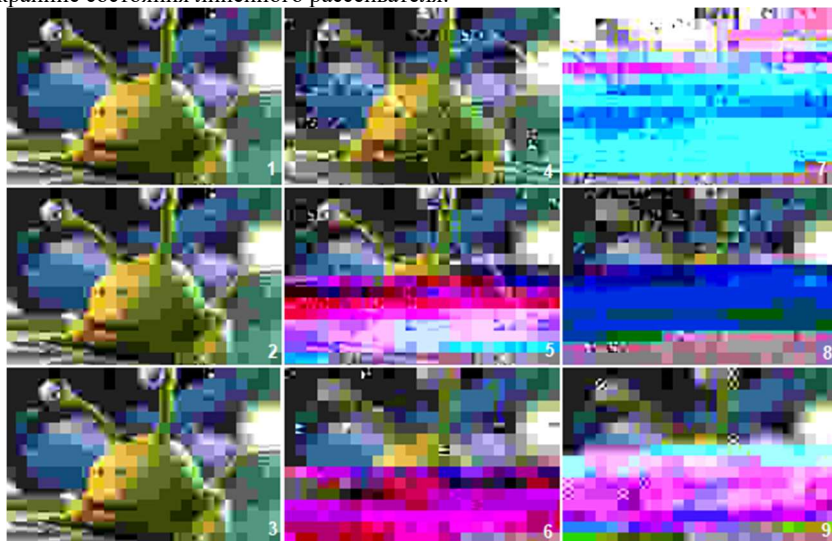


Рис.

Управление антеннами осуществлялось с помощью Arduino Uno через плату управления с цифро-аналоговым преобразователем. В качестве источника подсвечивающего поля использовался лабораторный ВЧ генератор излучающий немодулированный сигнал частотой 2399 МГц. Генератор подсветки работал в непрерывном режиме.

Приём сигналов осуществлялся с помощью HackRF One, после чего принятый оцифрованный сигнал обрабатывался на компьютере. Принятые изображения для всех положений рассеивателя представлены на рисунке.

В результате все попытки передачи информации были успешными. Количество ошибок в самом худшем случае составило 2,8%. Потеря качества изображения, несмотря на незначительное количество ошибок при передаче, объясняется структурой расширения .jpg. Использование алгоритмов исправления ошибок, а также других типов модуляции может значительно снизить количество неправильно принятых данных.

- [1] Патент РФ № 2008122827/09 от 27.03.2010. Антенная система с круговым или секторным сканированием // Патент России № 2385518. 2010. Бюл. № 9 / Умнов А.Л., Шишалов И.С.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ПОСТРОЕНИЕ КАНАЛА СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SDR»

А.В. Будин, Я.А. Силашкин

ННГУ им. Н.И. Лобачевского

Введение

Software-defined radio (SDR) – это концепция, согласно которой радиочастотная связь осуществляется посредством использования программного обеспечения (или прошивки) для решения задач обработки сигналов, которые обычно выполняются аппаратными средствами. Само устройство программно-определяемого радио представляет собой систему радиосвязи, в которой значительное количество функционала обработки сигналов можно воспроизвести программными средствами.

Если значительная часть радиочастотной системы управляется программно, следовательно, значительная часть функциональных возможностей системы может быть улучшена, модифицирована или даже переработана просто путём загрузки нового файла программы. На самом деле улучшения и модификации могут быть даже включены в существующее программное обеспечение. Система может быть спроектирована так, чтобы реагировать на событие или длительное состояние, автоматически менять схему модуляции или алгоритм декодирования.

Однако SDR обычно требует обширной разработки программного обеспечения и сложного проектирования печатных плат. Кроме того, важные компоненты (высокопроизводительные преобразователи данных и мощный процессор) совсем не дешевы [1].

Данная технология позволяет заменить огромное разнообразие существующих и разрабатываемых конструкций радиоприёмников и трансиверов, построенных по сложной гетеродинной схеме, на ограниченное число аппаратных блоков, работающих под управлением разрабатываемого программного обеспечения.

Несмотря на большие возможности SDR-технологий, до настоящего времени они не получили должного внимания при подготовке специалистов-радиофизиков. Представленная лабораторная работа имеет целью обеспечить первичное знакомство студентов с такой технологией, а также с основами цифровой обработки сигналов. Эта работа предназначена для студентов третьего курса радиофизического факультета, обучающихся по направлениям подготовки и специальностям 03.03.03 «Радиофизика», 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем», 10.05.07 «Противодействие техническим разведкам», 11.05.02 «Специальные радиотехнические системы».

Описание

В данной работе используется дешёвая с открытым исходным кодом платформа SDR – HackRF One (см. рис. 1). Она обладает следующими характеристиками:



Рис. 1

- диапазон частот: 1 МГц – 6 ГГц;
- полоса пропускания: 20 МГц;
- RX ADC bits (биты на вход): 8;
- RX DAC bits (биты на выход): 8;
- TX кабель: да;
- гнездо антенны: SMA female;
- дискретизация: 8 – 20 Msps;
- панадаптеры / приёмники: 0/1;
- полудуплексный ресивер;
- увеличение мощности приёма и передачи, фильтр частот настраивается программно;
- программно-контролируемая мощность порта антенны: (50 мА на 3.3 В);
- штыревой разъём для подключения

нции дополнительных плат, увеличивающих функциональность;

- интерфейс хоста: USB 2.0;
- поддерживаемые операционные системы: Windows, Linux, Mac.

У этого устройства прошивка с открытым исходным кодом. Оно совместимо с GNU Radio, SDR# и другими программами. Хорошая совместимость с Linux.

В качестве программного обеспечения используется GNU Radio. GNU Radio – это платформа, которая позволяет пользователям проектировать, моделировать и запускать высокоэффективные реальные радиосистемы [2]. Это очень модульная, ориентированная на потоковые графы структура, которая поставляется с обширной библиотекой блоков обработки, которые могут быть легко объединены для создания сложных приложений обработки сигналов. GNU Radio используется для огромного количества реальных приложений, включая обработку звука, мобильную связь, спутники наблюдения, радиолокационные системы, сети GSM, DRM (Digital Radio Mondiale) и многое другое – все это в программном обеспечении.

Данный софт сам по себе не является готовым продуктом для управления каким-либо конкретным оборудованием. Он также не предоставляет законченных приложений для конкретных стандартов радиосвязи (например, 802.11, ZigBee, LTE и т.д.), но он может быть использован для разработки и реализаций практически любого стандарта связи с ограниченным диапазоном частот.

К базовым концепциям GNU Radio относятся потоковые графы и блоки.

Потоковые графы – это графы, по которым идут потоки данных (см. рис. 2). Множество приложений GNU Radio содержат только потоковый граф и ничего более. Блоками называются узлы этого графа, по рёбрам которого «текут» потоки данных.

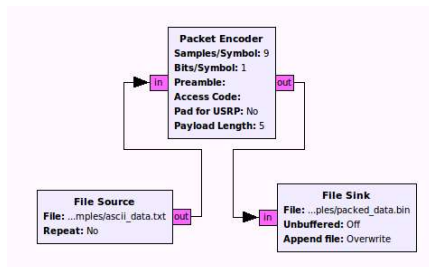


Рис. 2

проведение самого эксперимента, генерация и приём сигнала, ответы на вопросы, составление отчёта.

Заключение

В настоящее время SDR – одна из перспективных технологий радиосвязи. Эта технология позволяет разрабатывать приёмно-передающую аппаратуру, обеспечивающую поддержку широкого спектра стандартов связи. Перепрограммирование SDR – трансивера для его адаптации под другой стандарт связи не влечёт за собой изменения в аппаратной части.

Для знакомства с этой технологией подготовлена лабораторная работа «Построение канала связи с использованием SDR». Данная работа позволяет студентам третьего курса радиофизического факультета изучить основы SDR и ЦОС. После её выполнения они будут обладать навыками работы в GNU Radio, а также сумеют построить канал связи.

- [1] Keim R. Introduction to Software-Defined Radio. 2017.
- [2] <http://microsin.net/adminstuff/others/gnuradio-short-reference.html>

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ В РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ОСВЕЩЕНИЯ НАДВОДНОЙ ОБСТАНОВКИ

В.Ю. Лукичев, А.В. Лазовский, А.С. Хороших, С.М. Шаркова

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Существующие в настоящее время традиционные бортовые радиолокационные средства освещения надводной обстановки для летательных аппаратов не обеспечивают обнаружение малоразмерных и малоскоростных надводных объектов на фоне морской поверхности при волнении свыше 2 баллов. Такие объекты как катера, лодки и тому подобные надводные объекты обладают малой отражательной способностью.

Целью данной статьи является изложение результатов теоретических исследований применения сверхширокополосных сигналов в бортовых радиолокационных средствах при обнаружении малоразмерных и малоскоростных на фоне возмущенной водной поверхности.

Среднее значение эффективной поверхности рассеяния (ЭПР) таких надводных объектов соизмеримо, а в ряде случаев и ниже, чем ЭПР отражений от морской поверхности. Это означает, что они не могут обнаруживаться в условиях интенсивной засветки создаваемой отражениями от морских волн при сильном волнении, при этом скорость движения таких объектов составляет единицы метров в секунду, что соизмеримо со скоростью движения морской поверхности. Дополнительно доплеровское смещение частоты отраженных от них сигналов соизмеримо с доплеровским смещением отражений от морских волн, что не позволяет использовать традиционную доплеровскую селекцию движущихся целей (СДЦ).

Фоновые отражения от морской поверхности изучаются достаточно длительное время, и имеются данные об их удельной ЭПР в широком диапазоне длин волн, законах распределения и ширине спектра флуктуаций амплитуд. Что же касается отражений сигналов от малоразмерных и малоскоростных надводных объектов, находящихся на поверхности воды или возвышающихся над ней на десятки сантиметров, то этот аспект проблемы практически не изучен.

В настоящее время отсутствуют данные о радиолокационных характеристиках таких объектов, по которым их можно обнаружить с помощью бортовых радиолокационных средств летательных аппаратов. Задача осложняется тем, что их радиолокационные свойства не могут изучаться изолированно от условий, в которых они находятся: состояния моря, гидрометеорологических условий и целого ряда других факторов.

Для обнаружения малоразмерных и малоскоростных надводных объектов, представляет интерес возможность использования отражений не только от надводных объектов, но и от гидродинамических образований, возбуждаемых при их движении по морской поверхности, а также поиск эффектов, которые могли бы использоваться для повышения контрастности их наблюдения.

Применение в современных бортовых радиолокационных средствах освещения надводной обстановки сверхширокополосных сигналов открывает новые возможности для повышения информативности получаемой информации о надводном объекте и окружающей его морской поверхности. Ширина спектра таких сигналов оказывает

ся столь большой, что для различных частот падающего излучения коэффициент отражения от надводного объекта и подстилающей водной поверхности может существенно различаться. В этом случае приведение диапазона частот лоцирующего импульса в соответствие с диапазоном максимальных значений эффективной отражающей поверхности надводного объекта может дать существенный выигрыш в точности оценки динамических параметров надводного объекта. Методы генерации мощных наносекундных электромагнитных импульсов допускают оперативную перестройку параметров излучения сигналов и, в частности, изменение спектра излучения, что существенно повышает информативность сигнала.

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ 5G В ГЕОГРАФИЧЕСКИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ РЕШЕНИЯХ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ (VR/AR)

И.В. Подгорный, М.Ю. Комков

ООО «МАЦБКТ-СЭЗ»

Проблематика

VR/AR технологии к началу 2020 года по признанию ведущих компаний мира достигли уровня, достаточного для повсеместного применения на производстве с точки зрения как качества визуализации VR/AR контента (оборудование и программное обеспечение), так и качества контента в приложении к предметной области, интересной для индустриального сектора и сектора развлечений.

Успешно внедрено огромное количество стационарных решений с использованием технологий VR/AR в РФ и мире.

На май 2020 года имеются существенные препятствия для широкого распространения мобильных технологий VR/AR в индустрию массовых развлечений и для производственного сектора [1–3]:

- слабые возможности визуализации у полностью мобильного VR/AR оборудования, связанного с вычислительным блоком по беспроводной связи;
- высокие возможности визуализации у условно мобильного VR/AR оборудования, но обязательного наличие проводной связи со стационарным оборудованием, т.е. неприменимо для использования без привязки к конкретному физическому месту;
- высокая латентность беспроводных сетей: мобильных 4G, Wi-Fi (до версии 4: IEEE_802.11n);
- ограниченная пропускная способность в расчете на одного пользователя мобильных сетей 4G, общая недостаточная эффективность сетей 4G;
- существенные ограничения беспроводных сетей Wi-Fi в части количества одновременных пользователей, территориального покрытия, публичной доступности;
- базовые ограничения проводной сети, для пользователей, удаленных от сервера генерации информации, так как в общем случае поток данных между пользователем и сервером может проходить очень длинный и далеко не оптимальный путь.

Перечисленные недостатки совместно или по отдельности фактически приводят к физическим ограничениям деятельности человека, в настоящее время использующего VR/AR оборудование:

- разного рода задержки передачи данных по сети (так называемые лаги) больше 20 мс как от пользователя, так и к нему приводят к неадекватности формирования по времени визуальных или прочих виртуальных воздействий на человека, с индуцированной отрицательной реакцией организма типа кинетоз;
- недостаточная ширина канала передачи данных при использовании облегченных удобных для мобильного использования, но маломощных устройств визуализации VR/AR приводит к существенной деградации визуальной составляющей с последующим отказом человека от использования этими технологиями в виду недостаточного для восприятия качества.

Реализация VR/AR технологий в мобильном варианте

Все производители постоянно модернизируют VR/AR оборудование в направлении облегчения этих устройств, повышения их удобства в мобильном исполнении и производительности с точки зрения качества визуализации контента. К сожалению, необходимо отметить, что процесс идет недостаточно быстро для достижения качества стационарного VR/AR оборудования. Достаточный уровень только визуализации в мобильных доступных устройствах VR/AR может быть достигнут после 2023-2025 годов, но не раньше. В ближайшее время рассчитывать на необходимо-достаточное качество визуализации в высокомобильных удобных для использования на улице устройствах нельзя.

Проблема «последней мили» в виде сетевых задержек этого сегмента устраняется внедрением и использованием сетей 5G и Wi-Fi 6. Проблема генерации визуального контента для мобильных маломощных VR/AR устройств устраняется использованием облачных серверов генерации видеоконтента (NGC: сервер GPU в сети), максимально приближенный географически к пользователю. Проблема сетевых задержек за исключением «последней мили» при многопользовательском использовании технологий VR/AR решается применением Grid-вычислений в географически распределенном облаке с оптимальной синхронизацией данных между data-центрами по магистральным каналам [4]. Проблема сетевых задержек для выполнения алгоритмов искусственного интеллекта решается частичным или полным переносом выполнения этих алгоритмов на VR/AR устройства.

Выводы

Совместное использование технологий мобильной беспроводной связи 5G, географически распределенных серверов генерации VR/AR-контента и обеспечения многопользовательской работы, развивающийся edge computing (периферийные, или граничные вычисления, т.е. технологии точечных вычислений «на местах») позволяют внедрить крупные высокомобильные многопользовательские VR/AR решения, доступные для широкого круга географически распределенных пользователей.

- [1] Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Технологии виртуальной и дополненной реальности» – М: Минкомсвязи РФ, 2019. С. 10.
- [2] <https://vc.ru/future/109912-biznes-i-5g-vr>.
- [3] <https://5g.co.uk/guides/5g-virtual-reality-and-augmented-reality/>.
- [4] Самоваров О.И., Кузюрин Н.Н., Грушин Д.А., Аветисян А.И., Михайлов Г.М. // В сб. трудов конф. «Научный сервис в сети Интернет: решение больших задач». – Новороссийск, 2008. С. 83.

Секция «Физические основы и практическое применение технологий
беспроводной связи и информационно-телекоммуникационных технологий»

Заседание секции проводилось 25 мая 2020 г.
Председатель – А.Л. Умнов, секретарь – С.Б. Сулова.
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского.