

УДК 372.8

UDC 372.8

## УЧЕБНАЯ МОДЕЛЬ IoT-ЭКОСИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ – КЛАСС – ГОРОД»

## ACADEMIC MODEL IoT-ECOSYSTEM «SMART HOUSE – CLASS – CITY»

**Г. А. Заборовский,**  
кандидат физико-математических наук,  
доцент кафедры информатики  
и методики преподавания информатики  
Белорусского государственного  
педагогического университета  
имени Максима Танка;

**Е. В. Карпенко,**  
преподаватель кафедры информатики  
и методики преподавания информатики  
Белорусского государственного  
педагогического университета  
имени Максима Танка

**G. Zaborovsky,**  
*PhD in Physics and Mathematics,*  
*Associate Professor of*  
*the Department of Informatics*  
*and Methods of Teaching Informatics,*  
*Belarusian State Pedagogical*  
*University named after Maxim Tank;*

**E. Karpenko,**  
*Teacher of the Department of*  
*Informatics and Methods of*  
*Teaching Informatics, Belarusian*  
*State Pedagogical University*  
*named after Maxim Tank*

Поступила в редакцию 08.12.2022.

Received on 08.12.2022.

Разработаны архитектура и содержание учебной IoT-экосистемы, которая представляет собой упрощенную модель «умного» города и содержит 12 компонентов разного типа. Реализована модель их взаимодействия посредством гетерогенных компьютерных сетей. Разработанные компоненты и методические материалы могут быть использованы в образовательном процессе учреждений высшего и общего среднего образования, а также при повышении квалификации учителей информатики.

*Ключевые слова:* информатика, робототехника, технология, техническое творчество, компьютерная сеть, интернет, система, датчик.

The designed architecture and contents of the academic IoT-ecosystem represents a simplified model of a «smart» city and contains 12 components of various types. The model of their interaction is realized by means of heterogeneous computer networks. The designed components and methodical materials may be used in educational process of the institutions of higher and general secondary education as well as in professional development of Informatics teachers.

*Keywords:* Informatics, robotics, technology, technical creativity, computer network, Internet, system, sensor.

**Введение.** На современном этапе широкого внедрения информационных и телекоммуникационных технологий в образование на первый план выдвинулись проблемы использования систем и технологий робототехники и интернета вещей (IoT – Internet of Things) [1; 2]. В условиях цифровой трансформации науки, техники и производства исключительную важность имеет развитие научно-технического творчества учащихся на основе современных систем и технологий [3–5]. Несмотря на громадное число работ по образовательной робототехнике и IoT-технологиям, проблемы разработки и использования в учебном процессе учебной IoT-эко-

системы, построенной на основе гетерогенных сетевых технологий, исследованы недостаточно и представляются актуальными как в теоретическом, так и практическом плане [6].

Анализ содержания доступных робототехнических наборов (Lego, Fischertechnik, Robotrek, «Амперка», Tetra, «Микроник») и соответствующих учебно-методических материалов показывает, что практически все они дают возможность получать быстрые результаты при формировании простых навыков сборки типовых робототехнических устройств, однако не обеспечивают ожидаемого продвижения в творческом конструировании.



Рисунок 1 – Состав учебной IoT-экосистемы

Одним из эффективных путей решения проблемы подготовки квалифицированных учителей информатики, способных не только обучать учащихся элементам робототехники и интернета вещей, но и решать задачи развития научно-технического творчества, является разработка и использование учебной модели экосистемы «Умный дом – класс – город».

#### Состав и взаимодействие компонентов учебной IoT-экосистемы.

Разработанная нами учебная IoT-экосистема представляет собой весьма упрощенную модель «умного» города и содержит 12 компонентов разного типа:

6 жилых домов Д1 – Д6 и 6 общественных и служебных зданий: школа, поликлиника, склад, опорный пункт милиции, МЧС, администрация (рисунок 1). Для краткости мы будем опускать слово «модель» и употреблять словосочетание «учебная IoT-экосистема».

Созданные к настоящему времени компоненты выполнены на основе одноплатных микрокомпьютеров Arduino и NodeMCU.

В эти компоненты устанавливаются элементы трех типов:

- сенсорные (датчики температуры, освещенности, давления, влажности, скорости, ускорения, расстояния, касания, микрофоны и т. п.);
- исполнительные (светодиодные индикаторы и табло, аудио-видеоустройства, электродвигатели, насосы и другие устройства);

– коммуникационные (Wi-Fi, Bluetooth, LAN, UART).

Каждый компонент системы может быть оснащен несколькими датчиками, которые отслеживают изменение параметров состояния человека, объектов и параметров окружающей среды.

Все компоненты города связаны между собой беспроводными сетями WiFi. Кроме того, дом Д1, школа и администрация города имеют локальные компьютерные сети, в доме Д4 и поликлинике П-КА можно подключаться по Bluetooth, дом Д3 и склад имеют датчики проникновения. Остальные компоненты имеют разнообразные датчики и исполнительные устройства, что отмечено на рисунке 1 значками над компонентами. Между жилой и общественной зонами предусмотрена дорога, по которой могут перемещаться автомобили (например, скорой помощи или МЧС), собранные из наборов Lego и управляемые по сигналам из поликлиники или службы МЧС.

Модель взаимодействия основана на интерактивном общении отдельных компонентов с человеком и между собой посредством гетерогенных компьютерных сетей. Основой взаимодействия являются платформа NodeMCU и беспроводные микропроцессорные модули ESP8266. Общение реализовано на основе гетерогенных сетей Wi-Fi, Bluetooth, LAN, UART. В зависимости от типа и выполняемых задач все устройства-отправители и получатели информации работают

на основе проводных и беспроводных сетей Wi-Fi и LAN. Связь всех компонентов происходит при помощи маршрутизаторов, в которых сохраняются статические IP-адреса каждого компонента. Все элементы системы взаимозаменяемы и работают по единому принципу: устройство-отправитель по своему каналу связи отправляет данные о своем состоянии, устройство-приемник его обрабатывает и производит дальнейшие действия, заданные сценарием. Такой подход мы считаем оптимальным для учебных целей, поскольку позволяет сочетать индивидуальную и командную работу, когда студенты имеют возможность предлагать свои варианты компонентов и связей с другими компонентами.

Для программирования поведения отдельных компонентов и всей системы используется собственная оболочка Arduino IDE, Scratch for Arduino, а также Atmel Studio, работающие под ОС Windows. Для настольных компьютеров и ноутбуков нами разработаны кросс-платформенные приложения с графическим интерфейсом на языке C# с использованием технологии WPF и архитектуры MVVM для Windows ОС, а также технологии Avalonia для Mac ОС и Linux. С их помощью можно отслеживать все передачи данных между компонентами, их состояния и значения датчиков, а также отправлять сообщения компонентам по их IP-адресам. Для управления компонентами с мобильного Android-устройства с исполь-

зованием Bluetooth нами разработано приложение в среде веб-конструктора MIT App Inventor. Преимущество этого конструктора в том, что его может использовать любой учащийся, даже недостаточно владеющий программированием.

В настоящее время созданы и апробируются основные компоненты IoT-экосистемы, обрабатываются варианты легенд и сценариев взаимодействия, а также методики использования в учебном процессе. Для простоты созданные нами рабочие варианты строения города выполнены из картонных коробок, в дальнейшем предполагается использовать пластик.

Рассмотрим подробнее особенности компонентов учебной IoT-экосистемы. Для каждого компонента задается своя легенда и сценарий поведения. Например, при попытке несанкционированного открытия склада (механический датчик замка либо неверный пароль программы-сторожа) отправляется сообщение владельцу склада, проживающему в доме 2, и в опорный пункт милиции.

Рассмотрим простейший пример взаимодействия объектов Гараж – Владелец – Пункт милиции. Каждые 5 секунд владелец гаража получает данные с датчика расстояния. При приближении на расстояние менее 30 сантиметров отправляется сообщение в опорный пункт милиции, где срабатывает светодиодный индикатор и звуковая сигнализация (рисунок 2).

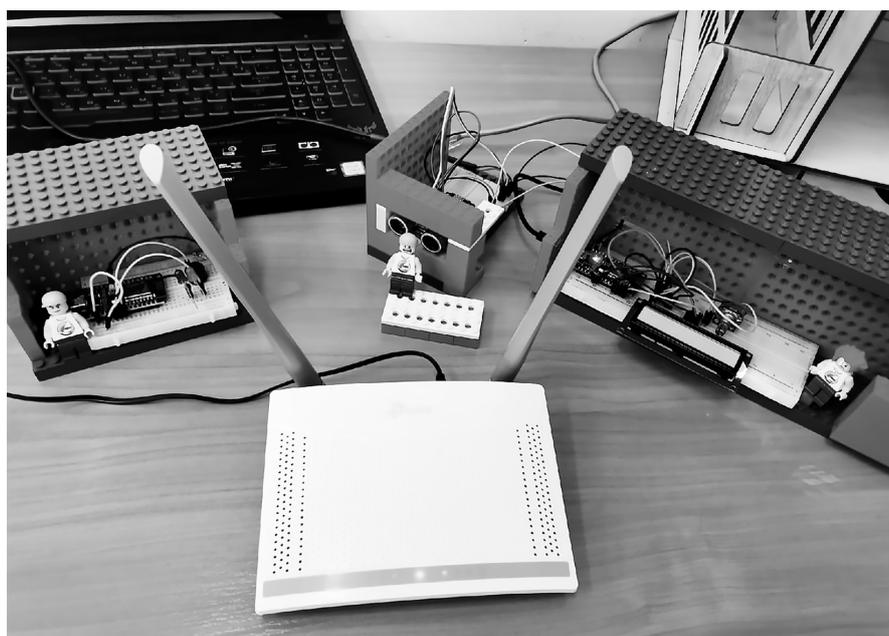


Рисунок 2 – Взаимодействие «Гараж – Владелец – ОПМ»

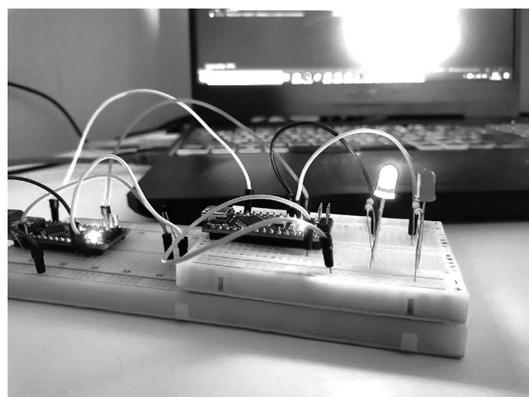
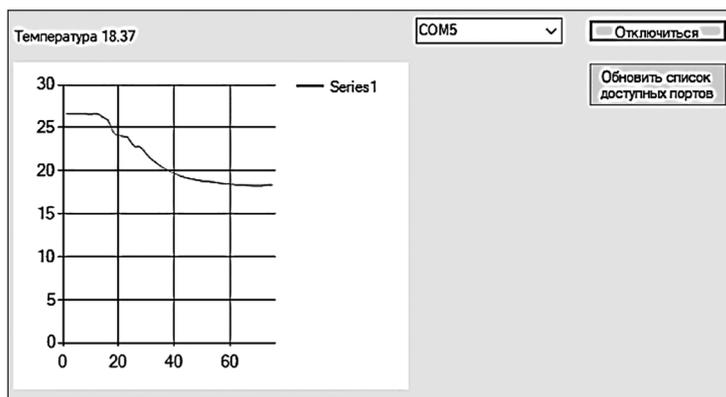


Рисунок 3 – Пример использования датчиков температуры

Например, при изменении комфортности жилого помещения, класса или офиса (отклонении от нормы температуры, освещенности, влажности) соответствующие датчики посылают заинтересованным объектам предупреждения и могут включать требуемые исполнительные устройства, например, включить освещение или насос полива цветов. При критическом изменении параметров несложно запрограммировать сигналы тревоги и оповещение ответственных служб, например, МЧС о пожаре или наводнении. Пример интерфейса программы и собранный макет компонентов управления сигнализацией с использованием датчиков температуры и связи через UART приведены на рисунке 3. При температуре меньше 20 градусов горит синий светодиод, а при превышении 25 градусов загорается красный.

Важную роль в модели умного города играет взаимодействие с человеком. Так, используя в доме Д4 в качестве датчика фитнес-браслет с Bluetooth информацию о состоянии ребенка, можно оперативно передать, например, его родителям, администрации школы или учителю, а в критических случаях в поликлинику или вызвать скорую помощь.

### Организация занятий в учебной IoT-экосистеме.

Количество компонентов города (12) позволяет реализовать несколько вариантов организации учебных занятий с группой до 12 человек: 1) выполнение лабораторных работ студентами (4 работы по 90 мин); 2) выполнение индивидуальных проектов на факультативных занятиях (6 проектов по 90 мин); 3) факультатив для школьников (12 занятий по 45 мин). При этом хорошо со-

четается индивидуальная и коллективная формы деятельности: выполнение заданий по конструированию и настройке отдельных компонентов каждым студентом группы и интеграция собранных компонентов в единую систему.

Разработанные нами инструкции по выполнению проектов работ содержат краткое введение, типовые примеры конструирования компонентов и задания для самостоятельной работы. В типовых примерах даются готовые легенды, сценарии поведения и рекомендации по настройке и программированию датчиков и исполнительных устройств. Задания для самостоятельной работы направлены на модификацию элементов, поиск и реализацию новых творческих решений, например создание собственных легенд и сценариев взаимодействия, а также улучшение дизайна города. Имеется возможность придумать сценарий поведения своего компонента, выбрать сенсоры, исполнительные механизмы, способы подключения к сети IoT-экосистемы, а также кооперироваться с другими студентами для подключения к их компонентам.

Основные виды деятельности студентов при выполнении лабораторных работ можно отнести к трем типам, соответствующим разным этапам и формам организации занятия:

- 1) установка и настройка оборудования;
- 2) исследование сенсоров, исполнительных механизмов и коммуникационного оборудования;
- 3) конструирование компонентов и подключение к сети IoT-экосистемы.

На первом этапе студенты знакомятся с основными возможностями элементов IoT-экосистемы и принципами их взаимодействия. Перед выполнением большинства ра-

бот предварительно необходимо установить и настроить программное обеспечение. Во время установки инсталлятор может потребовать разрешения для загрузки дополнительного ПО.

Особенность второго этапа – предварительное виртуальное исследование работы компонента с помощью эмулятора (например, веб-сервиса Tinkercad), что исключает возможность случайно вывести его из строя. Лишь после этого можно переходить к сборке реальной схемы. Tinkercad содержит набор популярных электрических элементов и датчиков. Имеется поддержка не только Arduino, но и MicroBit. На этом этапе студентам могут понадобиться использование команд языка программирования, на котором пишется сценарий поведения компонента. Для упрощения этой работы сервис Tinkercad поддерживает визуальное блочное программирование (подобно Scratch), поэтому его можно использовать с учащимися, которые не работали с языками программирования. В этом случае достаточно в интерактивном режиме с помощью мыши «собрать программу» из блоков, скопировать преобразованный эмулятором код в среду программирования Arduino IDE и загрузить в микроконтроллер. Таким образом, на втором этапе компоненты можно конструировать виртуально и без подключения к общей сети IoT-экосистемы.

Третий этап – создание и настройка индивидуального компонента, подключение к общей сети, связывание как минимум с еще одним компонентом системы. Наиболее эффективная форма организации работы на этом этапе – использование метода проектов. Заметим, что метод проектов является одним из наиболее эффективных и естественных методов освоения разделов электроники и робототехники и требует интеграции знаний и навыков из разных технических и физико-математических наук. Его особенность – четкая организация учебной деятельности, что можно рассматривать как моделирование реального производственного процесса. Важной особенностью проектной деятельности является коммуникация, позволяющая взаимодействовать участникам проекта (в том числе дистанционно).

В настоящее время в учебной IoT-экосистеме может быть реализовано до 12 типовых проектов. При этом могут предлагаться и собственные проекты со своими сенсорами и исполнительными механизмами. Предлагаемые задания для самостоятельной работы допускают вариативность и направлены на стимулирование творчества, начиная с простой модификации компонентов до сложного комбинирования сенсоров и исполнительных механизмов, а также нетривиальных программных решений функционирования компонентов и их взаимодействия с другими элементами системы. При этом деятельность, стимулирующая развитие творчества, при выполнении проектов сочетает индивидуальную работу по изучению сенсоров и исполнительных механизмов, а также сборке и настройке индивидуального компонента, и коллективную при подключении к общей сети «Умного города», отладке и исправлении ошибок.

Заключительный этап занятия – настройка и демонстрация взаимодействия элементов системы. При защите проекта демонстрируется работа компонента и оценивается соответствие поставленным целям, стабильность работы, оригинальность сценария и эффективность алгоритмов его реализации.

*Заключение.* Использование учебной IoT-экосистемы «Умный дом – класс – город» открывает широкие возможности для развития технического творчества студентов и школьников. Необходимость интеграции знаний и умений из разных предметных областей повышает их мотивацию к изучению физики, математики, компьютерных и технических наук. При этом учебная модель IoT-экосистемы может служить и предметом изучения, и средством обучения, и методическим инструментом.

Результаты работы апробированы на лабораторных занятиях по дисциплине «Архитектура и программное обеспечение вычислительных систем» на физико-математическом факультете БГПУ и использовались в ООО «Айтигенио» в рамках коллективной работы учащихся стран СНГ. Разработанные компоненты экспонировались на XXVIII Международной выставке TIBO-2022.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Антти Суомалайнен. Интернет вещей: видео, аудио, коммутация / Антти Суомалайнен. – М. : ДМК Пресс, 2019. – 120 с.
2. Шваб, К. Четвертая промышленная революция / К. Шваб. – М., 2016. – 160 с.
3. Поколение Arduino. Что изобретают современные школьники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/psb/blog/459484/> – Дата доступа 16.11.2022.
4. Филиппов, В. И. Методика использования робототехники для формирования универсальных учебных действий у обучающихся во внеурочной деятельности по информатике : дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / В. И. Филиппов. – М., 2019. – 161 л.
5. Мalyхина, Л. Б. Развитие научно-технического творчества в системе дополнительного образования детей : учеб.-метод. пособие / Л. Б. Мalyхина. – СПб. : ЛОИРО, 2019. – 265 с.
6. Архитектура интернета вещей / пер. М. А. Райтмана. – М. : ДМК Пресс, 2019. – 454 с.

## REFERENCES

1. Antti Suomalainen. Internet veshchej: video, audio, kommutaciya / Antti Suomalainen. – М. : DMK Press, 2019. – 120 s.
2. Shvab, K. Chetvertaya promyshlennaya revolyuciya / K. Shvab. – М., 2016. – 160 s.
3. Pokolenie Arduino. Chto izobretayut sovremennye shkol'niki [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://habr.com/ru/company/psb/blog/459484/> – Data dostupa 16.11.2022.
4. Filippov, V. I. Metodika ispol'zovaniya robototekhniki dlya formirovaniya universal'nyh uchebnyh dejstvij u obuchayushchihsya vo vneurochnoj deyatelnosti po informatike : dis. ... kand. ped. nauk: 13.00.02 / V. I. Filippov. – М., 2019. – 161 l.
5. Malyhina, L. B. Razvitie nauchno-tekhnicheskogo tvorchestva v sisteme dopolnitel'nogo obrazovaniya detej : ucheb.-metod. posobie / L. B. Malyhina. – SPb. : LOIRO, 2019. – 265 s.
6. Arhitektura interneta veshchej / per. M. A. Rajtmana. – М. : DMK Press, 2019. – 454 s.