

- со смещением камеры на расстояние стерео базиса;
- со смещением объекта на расстояние стерео базиса;
- с поворотом объекта на заданный угол.

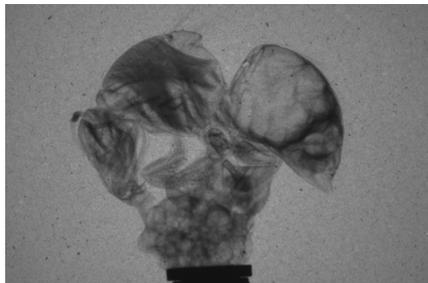


Рисунок 4 – Изображение пчелы в рентгеновских лучах

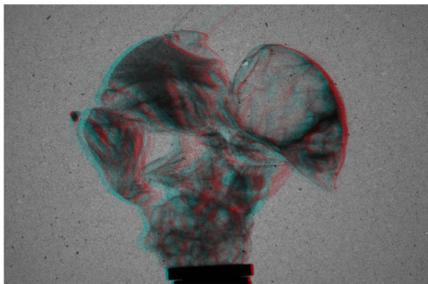


Рисунок 5 – Анаглиф пчелы в красных и голубых тонах

Расстояние от источника до объекта составляло 500 mm, от объекта до камеры 5 mm. Напряжение питания 32 кВ, сила тока 4 mA, выдержка 60 с. Для получения 3D изображения использовалось программное обеспечение StereoPhoto maker. С помощью встроенной функции «color anaglyph» были построены анаглифы в красных и голубых тонах. На рис. 4 показано изображение пчелы в рентгеновских лучах, а на рисунке 5-стерео изображение пчелы. Для получения стереопары пчела поворачивалась на угол 3°.

Полученные результаты аналогичны результатам при перемещении камеры или объекта.

3D изображения в рентгеновских лучах позволяют получить данные о внутренней структуре объектов, которые не видны при обычном рентгеновском исследовании, что значительно помогает в нахождении дефектов.

**Благодарности.** Работа частично поддержана Министерством образования Республики Беларусь в рамках задания 3.07 ГПНИ ГПНИ «Механика, металлургия, диагностика в машиностроении», подпрограмма «Техническая диагностика».

#### Литература

1. X-ray inspection in 3-D [Электронный ресурс]. – режим доступа: [https://www.ntbxcray.eu/3d\\_x-ray\\_stereoscopy](https://www.ntbxcray.eu/3d_x-ray_stereoscopy).

УДК 621.317

### ТЕХНОЛОГИЯ УЧЕТА ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ В СИСТЕМЕ «УМНЫЙ ДОМ»

Дедович Н.Н., Кучинский П.В., Романов А.Ф., Ходасевич А.И.

*НИУ «Институт прикладных физических проблем имени А.Н.Севченко» БГУ  
Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Описан принцип построения и структура подсистемы учета энергоносителей (тепло, газ, вода) в системе «Умный дом» на основе ультразвуковых смарт-приборов учета с беспроводной передачей данных на удаленный сервер. Представлен вариант построения такой системы с использованием серийных счетчиков, управляющих и интерфейсных модулей.

**Ключевые слова:** смарт-приборы, энергоносители, система учета, передача данных.

### ENERGY METERING TECHNOLOGY IN THE "SMART HOUSE" SYSTEM

Dedovich N., Kuchynski P., Romanov A., Khodasevich A.

*A.N. Sevchenko Scientific-Research Institute of Applied Physics Problems of BSU  
Minsk, Republic of Belarus*

**Abstract.** The principle of construction and structure of the subsystem for accounting for energy carriers (heat, gas, water) in the "Smart Home" system based on ultrasonic smart meters with wireless data transmission to a remote server is described. A variant of building such a system using serial counters, control and interface modules is presented.

**Key words:** smart devices, energy carriers, metering system, data transmission.

Адрес для переписки: Романов А.Ф., ул. Курчатова, 7, Минск 220045, Республика Беларусь  
e-mail: [ramanau@bsu.by](mailto:ramanau@bsu.by)

Важнейшей составной частью системы «Умный дом» является подсистема, обеспечивающая учет и передачу данных о потреблении энергоносителей – электроэнергии, воды, тепла, газа.

Высокая точность, надежность и стабильность ультразвуковых измерителей расхода, а также нечувствительность процесса измерения к качеству измеряемой среды обусловили их активное

внедрение как в промышленности, так и в жилищно-коммунальной сфере.

Ультразвуковые счетчики воды и газа, основанные, по сути, на использовании электронных устройств и вычислительной техники, которые имеют встроенные каналы передачи данных (смарт-счетчики) позволяют легко интегрироваться в различные системы сбора данных с передачей информации как по проводным, так и беспроводным каналам передачи. Перспективные технические и программные решения по беспроводной передаче данных на сервер системы могут быть представлены, в основном, несколькими реализациями:

- смарт-счетчик имеет GSM модем и передает показания через стандартную сотовую сеть;
- смарт-счетчик имеет радиомодем LoRa (433 или 868 МГц) и передает показания через специализированную «мини-соту» по радиointерфейсу LoRaWAN;
- смарт-счетчик имеет модуль Wi-Fi и передает показания через стандартный роутер.

Хранение переданной информации производится на выделенных площадках (серверах), а доступ для пользователей может осуществляться через личный кабинет с различных устройств, подключенных к сети Интернет (ПК, планшет, смартфон).

Подсистема учета энергоносителей системы «Умный дом» состоит из трех основных функциональных частей (рис. 1):

- ультразвуковые смарт-приборы;
- сетевой хаб;
- сетевой сервер.

Для организации внутренней сети передачи данных выбрана технология LoRa, которая позволяет передавать информацию на большие расстояния, при этом имеет наилучшие характеристики по потреблению энергии.

Встроенные в систему смарт-приборы должны иметь интерфейс, позволяющий обеспечить подключение различных адаптеров для передачи данных. Так, например, измерение расхода газа осуществляется ультразвуковым счетчиком газа РБГ У G6 (рис. 2), который разработан в НИИ-ПФП им. А.Н.Севченко и серийно выпускается в РБ. Счетчик обеспечивает измерение расхода газа до 10 м<sup>3</sup>/ч. Счетчик содержит микроконтроллер с портом SPI и имеет интерфейс UART, что позволяет подключать различные адаптеры для передачи данных и управления.

Сетевой хаб является центральным узлом для управления и считывания информации с смарт-приборов и передачи результатов на сетевой сервер. Так как используется беспроводная технология LoRa<sup>TM</sup>, которая позволяет передавать информацию на большие расстояния, то один сетевой

хаб способен обслуживать не только смарт-приборы одного потребителя, но и смарт-приборы, расположенные в радиусе до 15 км. Таким образом, в системе «умный дом» с беспроводной технологией LoRa<sup>TM</sup> достаточно установить один сетевой хаб для сбора информации в многоквартирном доме или от нескольких потребителей, например, в коттеджном поселке.

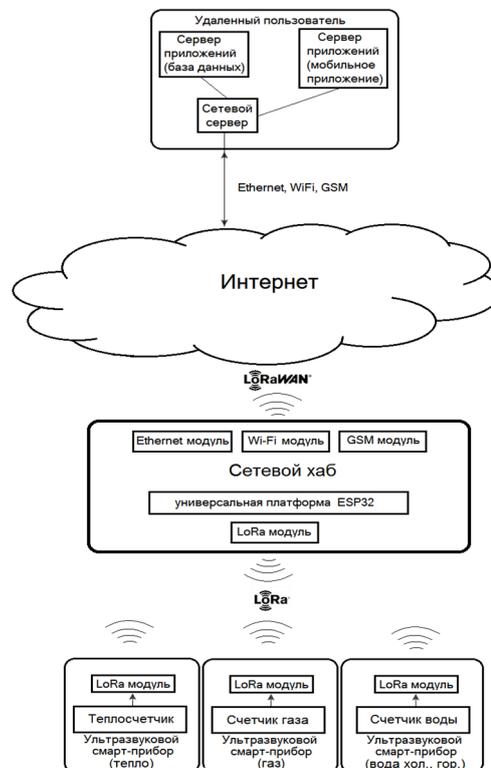


Рисунок 1 – Структурная схема подсистемы учета



Рисунок 2 – Ультразвуковой счетчик газа РБГ У G6

Сетевой хаб строится на основе стандартной аппаратной системы модульных компонентов размером 5×5 см M5Stack [1], которая специально проектировалась, как набор инструментов и решений для разработки IoT (Internet of Things).

Модульность платформы позволяет собирать устройства с гибкой конфигурацией. Кроме того, платформа M5Stack содержит большое количество элементов для решения различных задач и позволяет реализовать все модули в составе сетевого хаба. Платформа M5Stack поддерживается электронной платформой с открытым исходным кодом Arduino [2]. Это позволяет разрабатывать и

поддерживать ПО для сетевого хаба без дополнительных затрат, так как среда для разработки и библиотеки доступны в сети Интернет.

Сетевой хаб может включать следующие модули (рис. 3):

- базовый модуль на чипе ESP32;
- Wi-Fi модуль;
- LoRa модуль;
- Ethernet модуль;
- GSM модуль;
- источники питания.



Рисунок 3 – Модульные компоненты сетевого хаба

Базовый модуль на чипе ESP32 – это экономичный контроллер IoT [3]. Он использует набор микросхем Espressif ESP32, оснащенный двумя 32-разрядными микропроцессорами Xtensa® LX6 с основной частотой до 240 МГц. Имеет встроенную флэш-память объемом 16 МБ, встроенный 2,0-дюймовый пол-ноцветный дисплей HD IPS, 3 настраиваемых кнопки, динамик, слот для карт TFcard и другие периферийные устройства. Внут-

ренний интерфейс предоставляет различные интерфейсные ресурсы (ADC/DAC/I2C/UART/SPI и т. д.) и 15 контактов ввода-вывода. Модуль имеет встроенную литиевую батарею с чипом управления питанием.

Сетевой сервер является транспортным узлом, занимаясь управлением и обслуживанием сети LoRaWAN. Он позволяет обеспечить обмен данными между сервером приложений и сетевым хабом. Сетевой сервер подключается к серверу приложений по стандартному IP соединению. Сервер приложений представляет собой программную платформу, предназначенную для эффективного выполнения процедур, на которых построены приложения.

Сетевой сервер способен обрабатывать данные от нескольких сетевых хабов и обмениваться информацией с другими серверами, обеспечивая масштабируемость и неограниченность системы.

#### Литература

1. Stack & Play [Electronic resource]. – Mode of access: <https://m5stack.com>. – Date of access: 10.06.2022.
2. What Is Arduino? [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.arduino.cc>. – Date of access: 10.06.2022.
3. ESP32-Basic-Core-IoT-Development-KIT-V2-6 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://shop.m5stack.com/collections/m5-controllers/products/esp32-basic-core-iot-development-kit-v2-6>. – Date of access: 10.06.2022

УДК 535.08

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Чжан Ю.<sup>1</sup>, Савкова Е.Н.<sup>1</sup>, Счастливая Н.И.<sup>2</sup>, Ницетски Л.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>Государственное научное учреждение «Институт физиологии Национальной академии наук Беларуси»  
Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Предложена модель цифрового изображения на макро-, микро- и информационном уровнях. Дано описание анкеты-опросника для исследований психофизиологических воздействий цифровых изображений. Приведены основные результаты исследования, используемые для формирования биологических референтных интервалов при разработке благоприятной визуальной среды.

**Ключевые слова:** цифровое изображение, психофизиологическое воздействие, анкета.

### RESEARCH OF PSYCHOPHYSIOLOGICAL DIGITAL IMAGES IMPACTS

Zhang Y.<sup>1</sup>, Saukova Y.<sup>1</sup>, Shastnaya N.<sup>2</sup>, Nitsetski L.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Belarusian National Technical University

<sup>2</sup>State Scientific Institution «Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus»  
Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** A digital image model at the macro, micro and information levels is propose. A description of the questionnaire for the study of the psychophysiological effects of digital images is given. The main results of the study used for the formation of biological reference intervals in the development of a favorable visual environment are given.

**Keywords:** digital image, psychophysiological impact, questionnaire.

Address for correspondence: Saukova Y., Nezavisimosty av. 65, Minsk 220113, Republic of Belarus  
e-mail: zhang\_yun1991@foxmail.com