

УДК 629.11

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВИБРОАКУСТИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ДИАГНОСТИКИ СИСТЕМ, УЗЛОВ И МЕХАНИЗМОВ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА БАЗЕ БЕСПРОВОДНОЙ MESH-СЕТИ

О.Ч. Ролич,

доцент каф. проектирования информационно-компьютерных систем БГУИР, канд. техн. наук, доцент

В.Е. Тарасенко,

зав. каф. технологий и организации технического сервиса БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

И.И. Балаш,

мл. науч. сотр. НИЧ БГУИР

Обоснована архитектура трехмерного сканера как распределенной системы контроля и диагностики систем, узлов и механизмов дизельного двигателя в масштабе реального времени, позволяющая получить наиболее полную диагностическую картину и повысить достоверность принятия решений в оценке остаточного ресурса отдельных узлов и дизеля в целом.

Ключевые слова: двигатель, диагностика, система, сигнал, сеть, архитектура, провизор, модуль.

The architecture of the three-dimensional scanner as a distributed system of control and diagnostics of diesel engine systems, components and mechanisms in real time has been justified. This provides the most complete diagnostic picture and increases the reliability of decision making in the assessment of the residual life of individual components and of the diesel engine as a whole.

Keywords: engine, diagnostics, system, signal, network, architecture, pharmacist, module.

Введение

Для повышения достоверности принятия решений в оценке остаточного ресурса, виброакустической и тепловой диагностики систем, узлов и механизмов дизельного двигателя в масштабе реального времени требуется формирование наиболее полной диагностической картины в виде динамически меняющегося множества (ансамбля) сигналов, считанных

с различных ракурсов. Полноту картины способен обеспечить трехмерный сканер пространственно-временного распределения звукового давления и теплового поля с гибкой архитектурой, состоящий из нескольких десятков цифровых датчиков, расположенных в различных точках пространства.

Целью работы является обоснование архитектуры трехмерного сканера как распределенной системы контроля и диагностики систем, узлов и механизмов дизельного двигателя в масштабе реального времени, позволяющей получить наиболее полную диагностическую картину и повысить достоверность принятия решений в оценке остаточного ресурса отдельных узлов и дизеля в целом.

Основная часть

Интенсивное развитие интерфейсов и сетей на основе радиоканалов позволяет предоставить необходимую архитектурную гибкость, а развитие современные mesh-сети на базе Bluetooth, ZigBee, Lora, WiFi – надежность передачи данных и достоверность ансамбля сигналов.

Предлагаемая архитектура системы диагностики, изображенная на рисунке 1, опирается на модульную структуру, детально описанную в источнике [1].

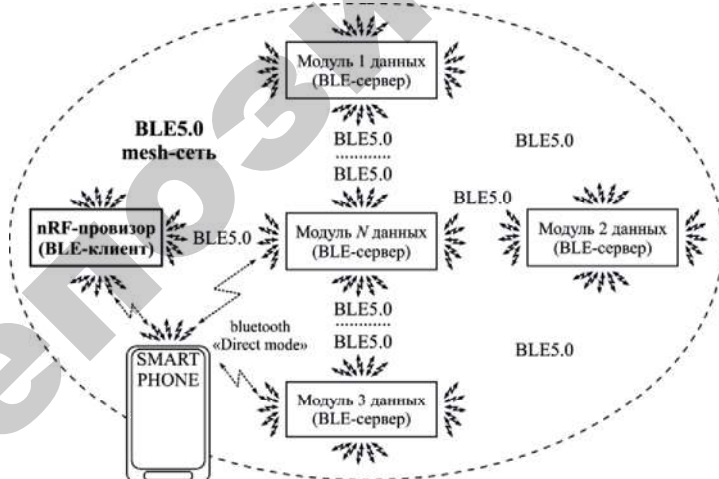


Рис. 1. Архитектура интегрированной системы виброакустической и тепловой диагностики дизельного аппарата на базе беспроводной mesh-сети

Система, представленная в виде mesh-сети с динамически меняющейся структурой, объединяет N ($N \leq 64$) универсальных модулей данных со встроенным радиоканалом частотой 2,4 ГГц и автономным питанием [2]. Кроме модулей данных, в ней присутствует ведущий прибор-провизор, в функции которого входят выработка команд и централизованный сбор данных. С точки зрения клиент-серверной архитектуры построения сетей, провизор представляется клиентом, обозначенным на рисунке 1 как «BLE-клиент» (BLE – Bluetooth Low Energy), а модуль данных – сервером («BLE-сервер» на рисунке 1). Провизор-клиент последовательно опрашивает модули данных, получая от них необходимые диагностические выборки и принимая впоследствии, исходя из совокупной картины, решения, связанные с оценкой остаточного ресурса систем, узлов и механизмов дизельного двигателя.

Благодаря радио интерфейсу связи, система является беспроводной, и в отличие от проводных систем, в значительно большей степени обладает гибкостью и не зависит от удаленности модулей данных от провизора, а также от труднодоступности мест их установки. Кроме этого, согласно идеологии mesh-сетей, некоторые модули данных могут и не находиться в области прямой видимости с провизором, а информация от них поступает к провизору через промежуточные модули mesh-сети.

В контексте задачи виброакустической и тепловой диагностики систем, узлов и механизмов дизельного двигателя, универсальный модуль данных со структурой, изображенной на рисунке 2, содержит цифровые датчики вибрации (MEMS-акселерометр и MEMS-гироскоп, интегрированные в модуле MPU6050), акустики в виде MEMS-микрофона, тем-

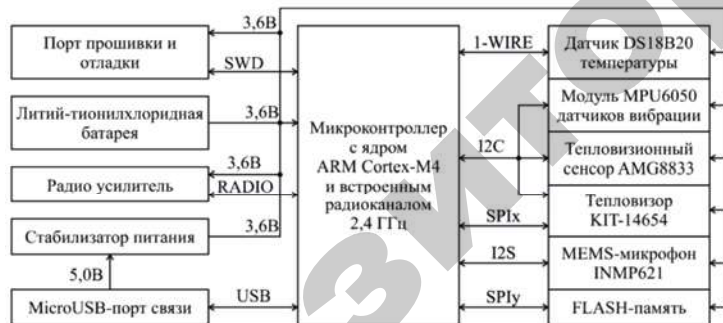


Рис. 2. Структура модуля данных

пературы и тепловидения [1].

Модуль представляет собой логически завершённый автономный прибор. Он построен на современном быстродействующем микроконтроллере ядре ARM Cortex-M4 с дополнительно встроенным радио интерфейсом связи [2]. Уверенный обмен данными по радио интерфейсу модуля, установленного в труднодоступном месте, обеспечивается радио усилителем. Для надежного хранения массивов данных, полученных от первичных сенсоров и датчиков, а также для ведения протокола работы модуля, предусмотрена FLASH-память, взаимодействие с которой осуществляется микроконтроллером по интерфейсу

SPI. Проводная связь модуля с компьютером или планшетом реализуется посредством стандартного microUSB-порта, работающего в режиме ведомого «USB DEVICE». Модуль данных как автономный прибор имеет собственный литий-тионилхлоридный источник питания напряжением 3,6 В, способный длительно работать при температурах окружающей среды в диапазоне от -55°C до 150°C [3]. Верхняя температурная граница питающего источника особенно важна в условиях контроля дизельной аппаратуры, где средняя температура колеблется и зачастую превышает 100°C .

На рисунке 3 представлена структура провизора – портативного мобильного прибора распределения целевых указаний между модулями данных и получения от них диагностической информации.

Так как провизор удален от модулей данных, и расстояние удаления составляет нескольких десятков метров при пассивном радио усилителе и более сотни метров при активном функционировании радио усилителя, к нему не налагаются жесткие температурные и габаритные ограничения. Поэтому структура провизора включает пользовательский интерфейс в составе дисплея с сенсорной панелью, SD-карту хранения больших объемов данных, microUSB-порт с управляемым питанием для возможного проводного считывания массивов из модулей данных и их пересылки в HOST-машину, т.е. на компьютер, и блок автономного питания с контроллером заряда аккумуляторной батареи.

Два USB-порта (USBx и USBy) провизора предназначены соответственно для компьютерного контроля заряда аккумулятора и для связи с HOST-машинной с целью передачи на нее исходных и обработанных диагностических данных. Дополнительную гибкость предоставляет SD-карта с поддержкой файловой системы FAT32 FS, позволяющая легко переносить в стандартизированных форматах сформированные провизором файлы диагностической картины систем, узлов и механизмов дизельного двигателя на высокопроизводительные рабочие станции для последующего детального экспертного анализа.

Сообщения и массивы данных в рассматриваемой интегрированной системе диагностики на основе mesh-сети, построенной на базе радио интерфейса BLE, передаются как в advertise-режиме, так и в режиме прямого соединения [4]. В относительно низкоскоростном advertise-режиме провизором отдаются команды управления, в частности, команды синхронизации времени, захвата массивов данных и сигнализации об их готовности. Считывание полученных результатов из очередного модуля данных, вследствие обмена значительным объемом информации, осуществляется по высокоскоростному выделенному BLE-каналу в режиме прямого соединения с модулем.

Следует отметить, что в качестве провизора или внешнего конфигуриатора, кроме предлагаемого прибора со структурой, изображенной на рисунке 3, может вы-

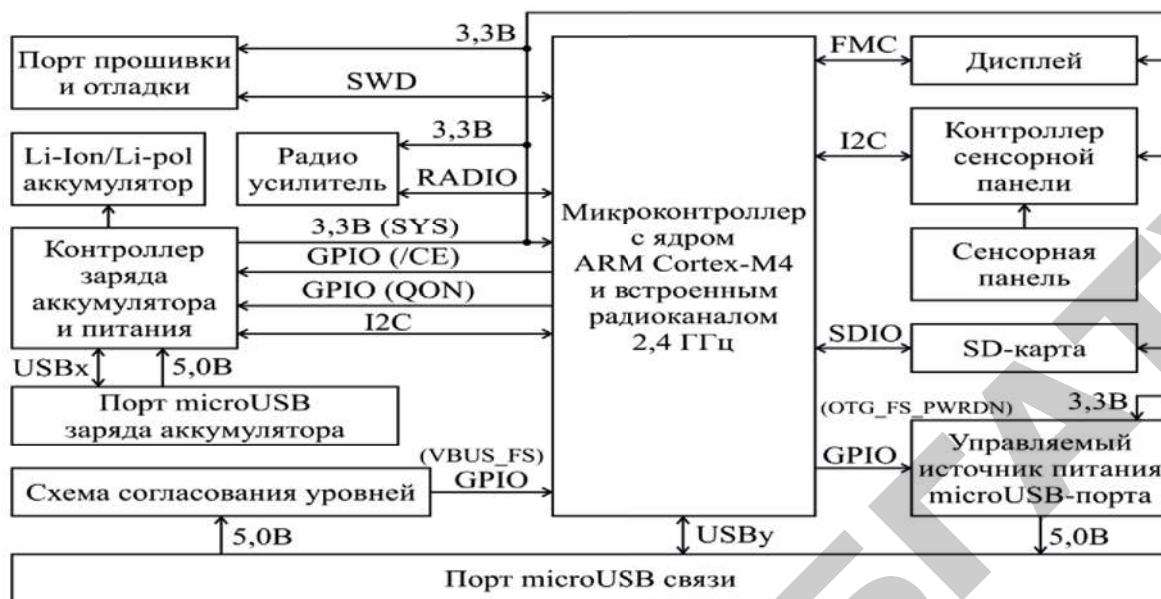


Рис. 3. Структура провизора

ступать мобильное устройство, работающее под операционной системой Android или iOS. Это связано со стандартом Bluetooth-интерфейса, встроенного практически в любой современный мобильный прибор, со стандартным протоколом взаимодействия по Bluetooth и защитой на транспортном уровне информации, передаваемой по соответствующему радиоканалу.

Касательно алгоритма функционирования предложенной интегрированной системы диагностики на базе mesh-сети, в нем выделяются этапы конфигурирования сети с добавлением или удалением серверов (т.е. модулей данных), синхронизации сетевого времени, выдачи единой команды запуска формирования выборок данных, детектирования завершения формирования выборок и готовности их передачи провизору. По событию, устанавливаемому пользователем, например, по нажатию на кнопку запуска процесса считывания, клиент-провизор в advertise-режиме посылает соответствующую команду серверам, т.е. модулям данных, которые, в свою очередь, запускают процедуры формирования выборок с ранее сконфигурированной длительностью и записывают их в собственную FLASH-память. По окончании заданного временного интервала серверы в advertise-пакетах выставляют индивидуальные флаги готовности данных, после чего провизор поочередно считывает полученные выборки из каждого модуля в режиме прямого соединения.

На текущий момент наибольшую известность и популярность получил радио интерфейс BLE, позволяющий в автономном режиме наиболее экономно расходовать питание аккумуляторной батареи. Так, компаниями Nordic Semiconductor, ST Microelectronics, Espressif Systems выпускаются микроконтроллеры с ядрами ARM Cortex-M4 и Tensilica Xtensa со встроенным BLE-интерфейсом, для которого разработан полноценный программный инстру-

ментарий (SDK) в виде набора библиотек с открытым исходным кодом и поддержкой mesh-сети на базе BLE5.0 [2].

Предложенная в данной статье архитектура интегрированной многоканальной системы диагностики систем, узлов и механизмов дизельного двигателя с беспроводными каналами связи на базе mesh-сети обладает следующими достоинствами:

- гибкость, заключающаяся в динамической реорганизации структуры сети;
- возможность установки модулей данных в труднодоступных местах без жесткой привязки к провизору;
- возможность объединения в сети нескольких десятков модулей данных, что позволяет повысить достоверность и полноценность диагностической картины, ее объемность и охват, анализировать распределение звукового давления и тепловых полей во всем объеме измерений;
- совместимость с мобильными приборами, функционирующими под управлением операционной системы Android или iOS.

Наряду с незначительным усложнением структуры модуля данных по отношению к его аналогичному проводному варианту [1], заключающемуся в добавлении собственного микроконтроллера и FLASH-памяти, автономного блока питания и радио усилителя, значительно упрощается структура ведущего прибора-провизора и появляются принципиально новые черты гибкости системы и возможности ее дистанционного управления с мобильного телефона, с сохранением способности к помехоустойчивому кодированию и надежной передаче данных на расстояния до сотни метров.

Заключение

Предложена распределенная система в виде трехмерного сканера динамики изменения виброаку-

стической картины и распределения теплового поля в объеме измерений, что позволяет проводить всеобъемлющий контроль и диагностику исследуемого объекта, повысить достоверность принятия решений в оценке параметров его поведения.

Модульный принцип построения рассмотренной в статье системы с предложенной структурой ведомого модуля данных и ведущего прибора-привизора способен универсализировать решение подобных и аналогичных задач, например, инерциальной навигации, тепловидения и ночного зрения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ролич, О.Ч. Многоканальная интегрированная система виброакустической и тепловой диагностики

дизельных двигателей / О.Ч. Ролич, В.Е. Тарасенко // Агропанорама. – 2019. – № 5 (135). – С. 42-45.

2. nRF52840. System on Chip. Advanced Bluetooth 5, Thread and Zigbee multiprotocol SoC [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://www.nordicsemi.com/Products/Low-power-short-range-wireless/nRF52840>. – Дата доступа: 15.11.2019.

3. Литий-тионилхлоридные (Li-SOCl₂) батареи [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://www.mt-system.ru/catalog/litij-tionilxloridnye-li-socl2-batarei>. – Дата доступа: 15.11.2019.

4. Гусс, С.В. Самоорганизующиеся mesh-сети для частного использования / С.В. Гусс // Математические структуры и моделирование. – 2016. – № 4(40). – С. 102 – 115.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 15.11.2019

УДК 631.115.1

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ В УСЛОВИЯХ ДИВЕРСИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОЙ ЭКОНОМИКИ

А.Ю. Легкова,

аспирант каф. экономики и управления предприятиями АПК БГЭУ, магистр экон. наук

В статье проанализирована динамика фермерского хозяйствования в разрезе областей. Выявлены основные тенденции развития растениеводства и животноводства. Обоснована целесообразность диверсификации деятельности фермерских хозяйств. В качестве перспективных направлений определены: органический сектор, «зеленые школы» и агроэкотуризм.

Ключевые слова: агроэкотуризм, диверсификация, «зеленые школы», органический сектор, сельская экономика, фермерское хозяйство.

The article analyzes the dynamics of farming in the context of regions. The main trends of crop farming and livestock breeding have been identified. The desirability of farm activities diversification has been proved. The following promising trends are: the organic sector, "green schools" and agroecotourism.

Keywords: agroecotourism, diversification, «green schools», organic sector, rural economy, farming.

Введение

Фермерский сектор способствует формированию нового слоя сельских товаропроизводителей, решению проблемы обеспеченности населения качественным продовольствием. Успешная деятельность крестьянских (фермерских) хозяйств стимулирует конкуренцию на рынке продуктов и труда между этими хозяйствами и другими сельскохозяйственными производителями, способствует устойчивому развитию сельских территорий, обеспечивает высокое качество производимой продукции.

Проведенные исследования отечественного и зарубежного опыта показывают, что важным направлением развития субъектов хозяйствования в рыночной экономике является диверсификация их деятельности. Так, именно диверсификация основной деятельности фермерских хозяйств обеспечивает необходимую гибкость в динамично развивающейся внешней среде, характеризующейся как положительными, так

и отрицательными изменениями. То есть, диверсификация улучшает способность фермеров быстро и эффективно реагировать на изменения внешней и внутренней среды.

Цель работы – охарактеризовать направления развития фермерских хозяйств в условиях диверсификации сельской экономики, а именно: органическое хозяйствование, «зеленые школы» и агроэкотуризм.

Основная часть

Республика Беларусь, в силу своего географического положения, климатических условий, исторических традиций и экономического потенциала, является одним из ведущих производителей продукции сельского хозяйства среди стран СНГ и ЕАЭС. Техническая оснащенность агропромышленного комплекса, современные технологии и высокое качество продукции позволяют республике иметь высокие экономические показатели. Например, по производ-