

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР / ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ /
TECHNICAL SCIENCES

DOI 10.54596/2958-0048-2023-2-97-105

УДК 316

МРНТИ 47.51.29

АППАРАТНО-ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ
УДАЛЕННОГО СБОРА ДАННЫХ С ДАТЧИКОВ БЕСПРОВОДНОЙ
ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

Кашевкин А.А.^{1*}, Крапивьянов М.А.¹

^{1*}НАО «Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева»,
Петропавловск, Республика Казахстан

*E-mail: kashevkin2004@mail.ru

Аннотация

Современные компьютерные и интеллектуальные технологии позволяют существенно повысить эффективность контроля и мониторинга технического состояния оборудования с целью корректировки жизненного цикла и прогнозирования его остаточного ресурса. В статье рассмотрен вариант реализации системы удаленного сбора данных для мониторинга режимов работы и технического состояния технологического оборудования. Данная система повышает эффективность сбора и обработки данных в условиях разброса установок одного технологического цикла на больших территориях и может быть применена для совершенствования комплексов удаленного контроля, мониторинга и диагностики состояния технологического оборудования.

Ключевые слова: удаленный сбор данных, беспроводные сети, мониторинг состояния, wireless sensor network.

СЫМСЫЗ АҚПАРАТТЫҚ-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ЖЕЛІ
ДАТЧИКТЕРІНЕН ДЕРЕКТЕРДІ ҚАШЫҚТАН ЖИНАУ ЖҮЙЕСІН
АППАРАТТЫҚ-БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ІСКЕ АСЫРУ

Кашевкин А.А.^{1*}, Крапивьянов М.А.¹

^{1*}КЕАҚ «М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті»,
Петропавл, Қазақстан Республикасы

*E-mail: kashevkin2004@mail.ru

Аңдатпа

Заманауи компьютерлік және интеллектуалды технологиялар өмірлік циклді түзету және оның қалдық ресурсын болжау мақсатында жабдықтың техникалық жағдайын бақылау мен бақылаудың тиімділігін едәуір арттыруға мүмкіндік береді. Мақалада технологиялық жабдықтың жұмыс режимдері мен техникалық жағдайын бақылау үшін деректерді қашықтан жинау жүйесін енгізу мүмкіндігі қарастырылған. Бұл жүйе үлкен аумақтарда бір технологиялық цикл қондырғыларының таралуы жағдайында деректерді жинау мен өңдеудің тиімділігін арттырады және технологиялық жабдықтың жай-күйін қашықтан бақылау, мониторинг және диагностикалау кешендерін жетілдіру үшін қолданылуы мүмкін.

Түйінді сөздер: қашықтан деректерді жинау, сымсыз желілер, күйді бақылау, wireless sensor network.

HARDWARE AND SOFTWARE IMPLEMENTATION OF THE REMOTE DATA ACQUISITION SYSTEM FROM SENSORS OF WIRELESS INFORMATION AND TELECOMMUNICATIONS NETWORK

Kashevkin A.A.^{1*}, Krapivyanov M.A.¹

^{1*}North Kazakhstan University named after M. Kozybayev,

Petropavlovsk, Republik of Kazakhstan

*E-mail: kashevkin2004@mail.ru

Abstract

Modern computer and intelligent technologies can significantly improve the efficiency of monitoring and monitoring of the technical condition of equipment in order to adjust the life cycle and predict its residual life. The article considers a variant of the implementation of a remote data collection system for monitoring the operating modes and technical condition of technological equipment. This system increases the efficiency of data collection and processing in conditions of a spread of installations of one technological cycle over large territories and can be used to improve remote control systems, monitoring and diagnostics of the state of technological equipment.

Key words: remote data collection, wireless networks, status monitoring, wireless sensor network.

Введение

Интеграция интеллектуальных технологий, как в сами технологические процессы, так и в операции контроля, мониторинга и диагностики промышленного оборудования, является перспективным направлением развития научно-технического прогресса. В настоящее время использование распределенных систем для мониторинга и управления технологическими процессами получает всё большее распространение. При этом всегда возникает дилемма между развертыванием проводного или беспроводного решения внедряемой системы мониторинга, управления и сбора данных в рамках реализуемого проекта автоматизации технологического процесса.

В качестве технологий передачи данных могут использоваться как проводные (Ethernet, PLC), так и беспроводные протоколы (Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi, WirelessHART, 6LoWPAN, LoRaWAN).

Долгое время лидерство удерживали системы с традиционными проводными решениями. Это объяснялось их большей надежностью, помехозащищенностью, отработанными техническими решениями и относительной простотой реализации. При этом приходилось мириться с достаточно высокими затратами на монтаж систем, проведение пуско-наладочных работ и технических регламентных работ по обслуживанию развернутой проводной системы управления технологическим процессом.

Беспроводные технологии в построении систем мониторинга и управления технологическими процессами находили место только в случае невозможности развертывания проводной системы по причинам технического, организационного или экономического характера. Кроме того, их применение ограничивалось низкой надежностью канала передачи данных и высокой стоимостью технического решения беспроводных систем.

В настоящее время, благодаря бурному развитию микроэлектроники и микроконтроллерных устройств, беспроводные системы сбора данных и мониторинга технологических процессов получают всё большее распространение, в частности, этому способствует внедрение технологии беспроводных сенсорных сетей (БСС, либо Wireless Sensor Network (WSN)).

Wireless Sensor Network – новый класс беспроводных сетей, состоящих из множества распределенных в пространстве датчиков (матов), снабженных микроконтроллером и приемопередающим радиочастотным устройством для связи между отдельными узлами сети [1].

Целью настоящей работы является исследование и разработка информационно-телекоммуникационных сетей и систем удаленного контроля и мониторинга технологического оборудования на основе современных компьютерных и беспроводных инфокоммуникационных технологий для повышения эффективности диагностики.

Методы исследования

Для обоснования выбранного варианта реализации системы удаленного сбора данных с датчиков беспроводной сенсорной сети был проведен сравнительный анализ методов построения сетей. Оценив достоинства и недостатки организации беспроводной сенсорной сети и проведя сравнительный анализ технических характеристик оборудования различных производителей, было принято решение выполнить разработку оптимальной беспроводной информационно-телекоммуникационной сети контроля и мониторинга технологического оборудования с использованием технологий компании National Instruments.

Структура программного кода системы удаленного сбора данных с датчиков беспроводной инфотелекоммуникационной сети реализована в графической среде разработки LabVIEW. Среда разработки LabVIEW позволяет создавать приложения без знания языков высокого уровня (C, VHDL и др.), при этом сокращаются сроки создания приложений, так как используется модульное программирование.

Результаты исследования

В разработанной системе удаленного сбора данных с датчиков беспроводной информационно-телекоммуникационной сети контроля, мониторинга и диагностики технологического оборудования функции центрального устройства сбора и передачи данных выполняет промышленный контроллер NI CompactRIO. Решение по выбору главного узла связано с функциональной гибкостью платформы NI CompactRIO, которая определяется использованием программной среды разработки LabVIEW, для графического создания приложений, как для контроллера реального времени, так и сердца реконфигурируемого шасси – микросхемы ПЛИС.

Также достоинством информационно – измерительных систем на базе NI CompactRIO является применение модулей ввода/вывода с собственными возможностями предварительной обработки измерительной информации вместе с её преобразованием в цифровую форму с использованием встроенных АЦП. Данные с сенсорных модулей NI WSN, через модуль маршрутизатора, передаются напрямую в ПЛИС. Между ПЛИС и передача данных организована по шине PCI, а для уже с блока контроллера по сети Ethernet данные могут быть переданы в персональный компьютер.

Таким образом, наличие ПЛИС и гибкая программная модель на основе LabVIEW являются конкурентными преимуществами платформы NI CompactRIO, позволяющими решать высокопроизводительные задачи в области сбора, обработки данных и управления в режиме реального времени сложными технологическими процессами.

Работу системы удаленного сбора данных с датчиков беспроводной информационно-телекоммуникационной сети можно описать следующим образом.

На уровне измерительных модулей (матов) выполняется сбор и запоминание небольших объемов информации от различных датчиков с помощью многофункциональных измерительных преобразователей. Накопленная информация

передается в устройство сбора и передачи данных (УСПД), где синхронизируется с помощью меток точного времени по сигналам GPS и архивируется. В УСПД производится архивация и обработка принятых данных, а также формируются сигналы управления технологическим процессом по необходимому алгоритму.

В качестве измерительных модулей могут выступать универсальные WSN модули компании National Instruments. Система сетевого оборудования NI WSN позволяет реализовать беспроводную информационно-телекоммуникационную сеть контроля, мониторинга и диагностики с использованием среды разработки LabVIEW. Интеграция LabVIEW может улучшить характеристики беспроводной системы измерения. Помимо продвинутой обработки и свойств визуализации, характерных для LabVIEW, LabVIEW Web services дает возможность разместить результаты измерений на серверах, что позволяет получить удаленный доступ к данным фактически отовсюду. Используя законченную системную архитектуру с использованием NI WSN, можно быстро и просто осуществить сбор данных, обрабатывать и хранить данные на сервере, и иметь удаленный доступ к данным [2]. Классическая архитектура беспроводной сенсорной сети на базе NI WSN представлена на рисунке 1.

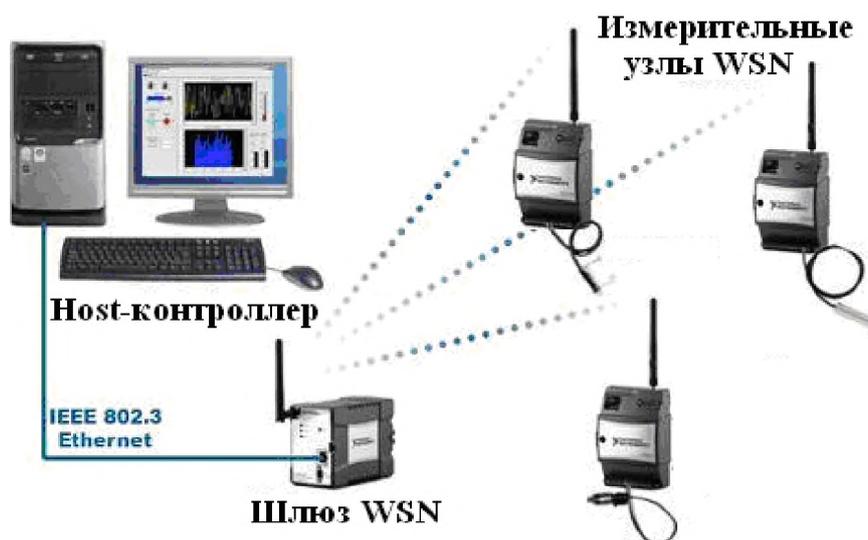


Рисунок 1. Классическая архитектура беспроводной сети на базе NI WSN.

Измерительные узлы WSN могут передавать данные, через шлюз WSN, в память персонального компьютера или контроллера реального времени LabVIEW Real-Time, выступающего в качестве сетевого координатора. Host (сетевой координатор) с помощью программного обеспечения LabVIEW, осуществляет обработку и анализ измерительной информации от оконечных измерительных узлов. Измерительные узлы NI WSN характеризуются прямым соединением датчиков, надежной коммуникацией, и промышленным исполнением.

Опираясь на анализ критериев многофункциональности, производительности, надежности и использовании высокоуровневой графической среды LabVIEW было принято решение об использовании в проекте реконфигурируемого шасси с интегрированным программируемым контроллером реального времени National Instruments CompactRIO-9074 [3].

Для взаимодействия с модулями (мотами) сенсорной сети используем модуль маршрутизатора NI 9795 WSN [4].

Характеристики маршрутизатора NI 9795:
– совместим с платформой NI CompactRIO;
– одновременная поддержка до 8 сенсорных узлов при топологии сети «звезда» и до 32 узлов – при топологии «Mesh»;
– маршрутизатор работает со стандартом IEEE 802.15.4/ZigBee на частоте 2,4 ГГц со скоростью 250 кбит/сек;
– дальность действия модуля 300 м (открытое пространство).

Для синхронизации распределенных систем на базе шасси NI cRIO–9074 необходимо использовать отдельный GPS–модуль NI 9467, так как входом SMB снабжены только центральные шасси [5].

К основным характеристикам GPS–модуля NI 9467 можно отнести:

- наличие высокостабильного генератор опорной частоты 10 МГц;
- высокая точность измерений (± 100 нс);
- возможность обмена данными по протоколу GPRS/EDGE.

Если основное хранилище данных или диспетчерский пункт находится на большом расстоянии от области развертывания беспроводной системы сбора и обработки данных с WSN–датчиков, то для передачи данных в центральный хост обработки информации необходимо использовать модуль SEA 9724 3G, либо SEA 9741 3G/GPS. Модуль обеспечивает передачу данных как в сетях 2G с использованием протоколов GPRS/EDGE (850/900/1800/1900 МГц), так и в сетях третьего поколения 3G стандартов UMTS/HSPA (850/1900/2100 МГц) при скорости передачи данных до 7,2 Мбит/с (SEA 9724 3G) и 14,4 Мбит/с (SEA 9741 3G/GPS) [6]. Кроме того, данные модули могут обеспечивать синхронизацию в распределенных системах с использованием технологии GPS, следовательно, при их использовании, можно отказаться от применения GPS–модуля NI 9467.

Структурная схема рассматриваемой беспроводной системы удаленного контроля и мониторинга технологического оборудования представлена на рисунке 2.

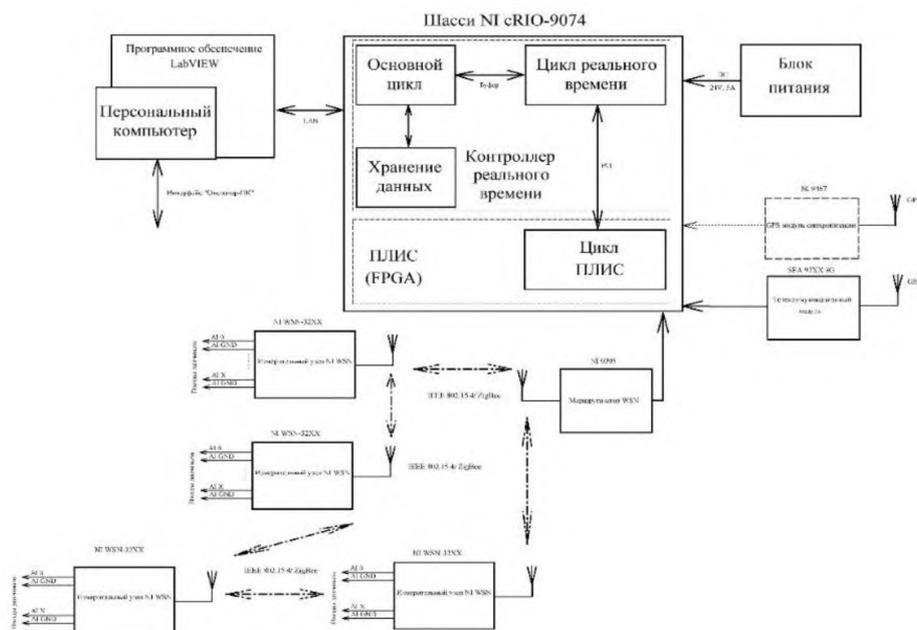


Рисунок 2. Структурная схема системы удаленного контроля и мониторинга технологического оборудования

Структура программного кода системы удаленного сбора данных с датчиков беспроводной инфотелекоммуникационной сети реализована в графической среде разработки LabVIEW.

Основной графический код программы реализуется в блок–схеме, в виде отдельных блоков–функций, между которыми происходит передача «потока данных» (Data Flow) по линиям связи. В LabVIEW используется потоковая обработка данных [7]. Среда LabVIEW позволяет управлять различным оборудованием, устройствами сбора данных, устройствами мониторинга и исполнительными элементами (например, шаговые двигатели), а так же приборами с разнообразными интерфейсами (GPIB, PXI, RS–232 и др.).

Сильными сторонами LabVIEW является модульное программирование и иерархическая структура виртуального прибора. Любой, ранее созданный виртуальный прибор, может быть включен в качестве подпрограммы (SubVI) в блок–схему нового VI. Количество таких включений неограниченно, а все включенные SubVI можно редактировать [8].

В результате анализа, можно сделать вывод, что любое приложение, созданное в среде графического программирования LabVIEW для CompactRIO может содержать три отдельных виртуальных прибора: для выполнения операций на базе операционной системы Windows, для реализации алгоритмов реального времени (выполняется на контроллере CompactRIO) и для ядра ПЛИС.

Кроме максимально возможной архитектуры приложения, реализуемого на CompactRIO существуют и другие варианты реализации виртуальных приборов [9]:

- FPGA VI – отдельный виртуальный прибор, выполняющийся на ПЛИС;
- FPGA VI и RT VI – виртуальные приборы на ПЛИС и на контроллере реального времени;
- FPGA VI и Host VI виртуальные приборы на ПЛИС и на хост–компьютере на базе операционной системы Windows.

NI WSN измерительные узлы используют событийную исполняемую модель (рисунок 3), которую можно модифицировать с помощью среды LabVIEW WSN [10].

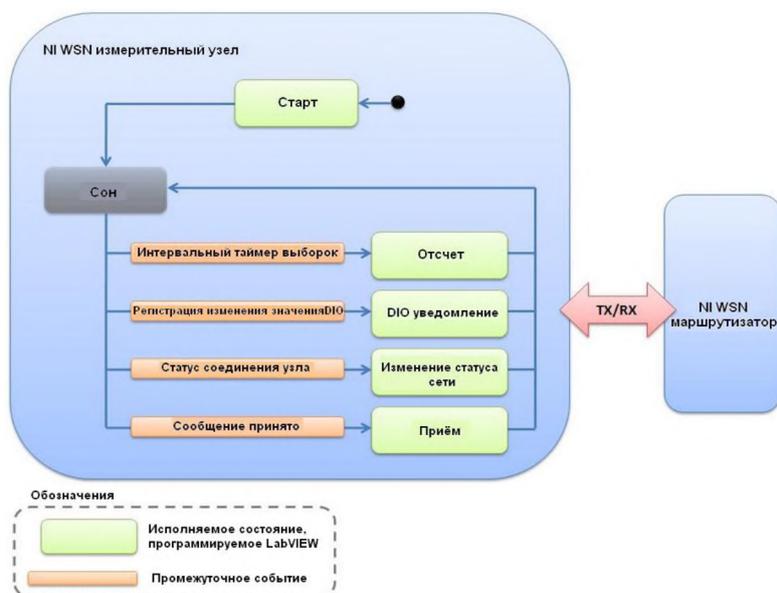


Рисунок 3. Событийная модель измерительного узла NI WSN

Каждое состояние, программируемое LabVIEW WSN, отображенное на рисунке 3, имеет графическое представление в шаблоне VI, и может быть в нём изменено.

После анализа возможностей программы LabVIEW и опираясь на теоретические положения в области беспроводного приема/передачи данных, была создана программная модель системы удаленного сбора данных с датчиков беспроводной инфотелекоммуникационной сети с использованием NI CompactRIO-9074. Модель состоит из набора виртуальных приборов VI: Host VI, FPGA VI и RT VI.

Опрос узлов WSN-датчиков производится с использованием маршрутизатора NI 9795. Программный код (блок – схема), реализующий процедуру сбора данных с датчиков беспроводной инфотелекоммуникационной сети, на примере модуля NI WSN-3202, посредством NI 9795, приведен на рисунке 4.

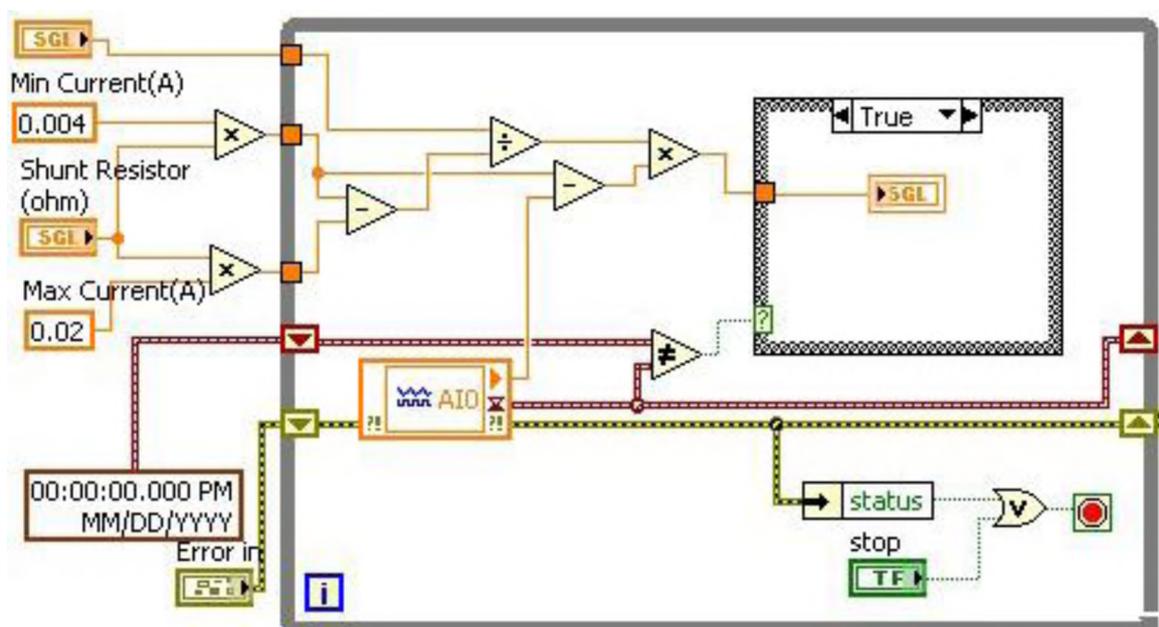


Рисунок 4. Блок-диаграмма процедуры сбора данных с модулей NI WSN-3202 через маршрутизатор NI 9795

На рисунке 5 приведена лицевая панель компьютерного прибора обработки данных с узлов беспроводной инфотелекоммуникационной сети удаленного контроля и мониторинга технологического оборудования.

Блок-диаграмма процедуры обработки измерительной информации с модулей NI WSN-3202 представлена на рисунке 6.

Система удаленного сбора данных с датчиков беспроводной сети с использованием NI CompactRIO моделировалась и тестировалась в лаборатории кафедры «Энергетика и радиоэлектроника». Результаты испытаний показали работоспособность и эффективность принятых решений в области компоновки системы сбора данных и программирования её отдельных компонентов.

Заклучение

Особенностью предложенной информационно-телекоммуникационной сети удаленного контроля и мониторинга технологического оборудования является модульная архитектура на базе компьютерной платформы NI CompactRIO с возможностью реконфигурирования системы в зависимости от решаемой задачи. Данный подход дает возможность гибкой настройки параметров системы. Программное обеспечение, построенное на основе применения объектно-ориентированного языка LabVIEW, предоставляет возможность быстрого создания графического пользовательского интерфейса управления система и данными.

Интеграция LabVIEW улучшает характеристики беспроводной системы измерения и передачи данных. Помимо продвинутой обработки и свойств визуализации, характерных для LabVIEW, LabVIEW Web services дает возможность разместить результаты контроля, мониторинга и диагностики на серверах, что позволяет получить удаленный доступ к данным фактически отовсюду.

Разработанная инфотелекоммуникационная сеть удаленного контроля и мониторинга повышает эффективность сбора и обработки данных и может быть применена для совершенствования комплексов удаленного контроля, мониторинга и диагностики состояния технологического оборудования в различных отраслях экономики.

Литература:

1. Кучерявый А.Е. Самоорганизующиеся сети. – СПб.: Любавич, 2011. – 312 с.
2. Что такое WSN? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.labview.ru/products/articles/311/1707>.
3. Шасси NI cRIO-9074. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/ru/nid/203964>.
4. Инструкция по эксплуатации NI 9795 WSN. – National Instruments, 2011. – 40 с.
5. Инструкция по эксплуатации и технические характеристики NI 9467. – National Instruments, 2016. – 24 с.
6. SEA 9741 and 9744 3G Mobile Communication Modules. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sea-gmbh.com/en/products/compactrio-products/mobile-communications>.
7. Измерения в LabVIEW. Руководство по применению. National Instruments. – НГТУ, 2006. – 148 с.
8. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе Lab VIEW 7 / Под ред. Бутырина П.А. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 264 с.
9. Руководство разработчика CompactRIO. – National Instruments, 2009. – 293 с.
10. The LabVIEW Wireless Sensor Network Module – Under the Hood. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ni.com/white-paper/9006/en>.

References:

1. Kucheryavyj A.E. Samoorganizuyushchiesya seti. – SPb.: Lyubavich, 2011. – 312 s.
2. CHto takoe WSN? [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.labview.ru/products/articles/311/1707>.
3. SHassi NI cRIO-9074. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/ru/nid/203964>.
4. Instrukciya po ekspluatatsii NI 9795 WSN. - National Instruments, 2011. - 40 s.
5. Instrukciya po ekspluatatsii i tekhnicheskie harakteristiki NI 9467. - National Instruments, 2016. - 24 s.
6. SEA 9741 and 9744 3G Mobile Communication Modules. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.sea-gmbh.com/en/products/compactrio-products/mobile-communications>.
7. Izmereniya v LabVIEW. Rukovodstvo po primeneniyu. National Instruments. - NGTU, 2006. - 148 s.
8. Avtomatizatsiya fizicheskikh issledovanij i eksperimenta: komp'yuternye izmereniya i virtual'nye pribory na osnove Lab VIEW 7 / Pod red. Butyrina P.A. – M.: DMK Press, 2005. – 264 s.
9. Rukovodstvo razrabotchika CompactRIO. – National Instruments, 2009. – 293 s.
10. The LabVIEW Wireless Sensor Network Module – Under the Hood. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.ni.com/white-paper/9006/en>.