

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 637.11:658.26

**МОДЕЛЬ, СТРУКТУРА И КОМПОНЕНТЫ СЕТИ «ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ»
ДЛЯ КОНТРОЛЯ МОЛОЧНЫХ ФЕРМ**

В.А. ВИШНЯКОВ

*Учреждение образования «Белорусская государственная академия связи»,
ул. Ф. Скорины, 8/2, Минск, 220114, Беларусь*

Поступила в редакцию 11 мая 2020

В рамках автоматизации 4.0 для контроля качества молока распределенных молочных ферм предложено использовать технологию «Интернета вещей». Представлена многоагентная модель и структура сети «Интернета вещей» для контроля молочных ферм. Структура сети «Интернета вещей» включает анализаторы молока, микроконтроллеры, шлюзы-преобразователи, облачную платформу, мобильные приложения оператора. В облачной платформе арендуется сервер, на котором расположены базы знаний и данных, специальное программное обеспечение, сайт ферм. В базе данных сервера облачной структуры хранятся характеристики качества молока, в базе знаний – правила их обработки. Мониторинг характеристик качества молока реализуется с мобильных устройств, доступом к компонентам сайта. В качестве сети передачи информации с молочных ферм в облачную среду выбрана сеть 4-го поколения LTE с использованием технологии CIoT-LTE-M.

Ключевые слова: MAC для контроля ферм, структура сети «Интернета вещей», компоненты Интернета вещей, IoT платформы.

Введение

Для реализации концепции автоматизации 4.0 в промышленности и сельском хозяйстве используются технологии «Интернета вещей» (ИВ). Общие вопросы построения таких сетей рассмотрены в [1], вопросы подготовки кадров по сетям ИВ представлены в работе автора [2]. Рассмотрим применение технологии ИВ в сельском хозяйстве для дистанционного контроля качества продукции молочных сельхозферм.

Важными вопросами автоматизации управления молочным производством является дистанционный контроль качества молока, которое должно соответствовать мировым стандартам. Одним из подходов для оценки качества молока является расчет показателей на основе критических контрольных точек (ККТ) [3]. В качестве таких точек может быть использованы основные показатели качества молока: жир, белок, СОМО, сухие вещества, плотность, лактоза, добавленная вода и т. д. Эти показатели собираются и анализируются в рамках одной фермы с использованием компьютеров. Рассмотрим более современное решение, мониторинг показателей качества молока с использованием сети ИВ.

Модели и структура сети ИВ

Для составления модели сети ИВ для мониторинга качества молока (МКМ) используем многоагентный подход [4]. В данной многоагентной структуре выделим множество агентов датчиков качества молока, агентов преобразователей, агентов хранения показателей качества, агентов обработки показателей качества молока для получения заключений, агентов мониторинга этих показателей и заключений. Данную многоагентную модель представим четверкой:

$$IoT_{сет} = \{PAm, SC, CP, MAi\},$$

где IoT_{csm} – модель сети ИВ, PAt – множество агентов датчиков (от портативных анализаторов качества молока на фермах), SC – множество агентов преобразователей (сетевых шлюзов преобразователей), CP – облачная платформа для хранения показателей качества молока (агенты хранения показателей качества и агенты их обработки), MAi – агенты мониторинга (мобильные устройства для мониторинга показателей качества молока).

На основе данной модели разработана структура сети ИВ МКМ (рис. 1).

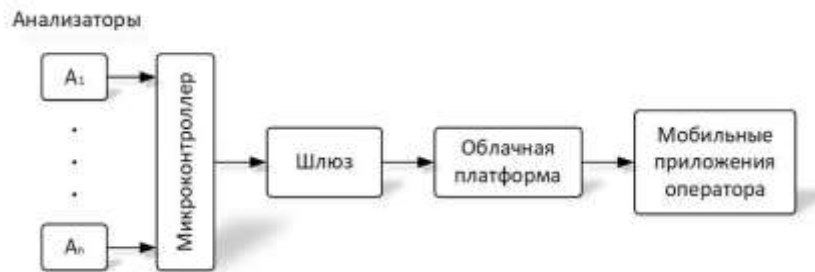


Рис. 1. Структура сети ИВ МКМ

В ее состав входят портативные анализаторы качества молока от каждой из контролируемых ферм – A1-An. Обычно результаты эти анализаторы выдают на компьютер или принтер через последовательный порт (автоматизация 3.0). В нашей структуре эти показатели подаются микроконтроллерами на шлюз. Последний необходим для преобразования и передачи в облачную платформу (ОП) снятых показателей по качеству молока. В облачной среде задействуем сервер. Сервер ОП содержит базы данных и знаний, решатель, сайт. В базе данных хранятся полученные данные от ферм, снятые характеристики молока по времени (номер дойки, время суток, дни), от различных фермерских хозяйств, возможно от различных стад коров. Эти данные поступают в решатель, который на основании правил обработки показателей молока из базы знаний, выдает решения по тем или иным параметрам качества. Эти решения тоже записываются в базу данных. Сайт служит средством отображения снятых и полученных результатов по качеству молока через мобильные приложения оператора.

На каждом из мобильных аппаратов (МА) оператора установлены приложения, позволяющие отображать интересующую информацию из облачной базы данных через сайт (мониторинг, результаты контроля, рекомендации по повышению качества молока и т. д.). На облачном сервере можно установить программную систему для принятия решения по изменению содержания коров, чтобы улучшить характеристики качества молока.

Рассмотрим возможные решения для построения предложенной структуры сети ИВ.

Анализаторы молока

Анализатор молока – это устройство для определения характеристик качества молока и продуктов на его основе (доли жира, плотности, кислотности проб, лактозы, температуры пробы и т. д.). Данное устройство не использует химических реактивов, что обеспечивает экологичность исследуемого компонента. Анализаторы молока применяются на фермах, предприятиях пищевой промышленности, точках приема молока и при проведении научно-исследовательских работ в области пищевой промышленности [5].

Анализаторы молока имеют высокую точность и позволяют делать достаточное количество измерений в требуемые сроки. В настоящее время использование анализаторов в хозяйствах и на молокоперерабатывающих заводах становится нормальным процессом.

Максимальный набор измеряемых показателей: 1. Жир; 2. Белок; 3. СОМО; 4. Сухие вещества; 5. Плотность; 6. Лактоза; 7. Добавленная вода; 8. Температура пробы; 9. Точка замерзания; 10. Соли; 11. рН; 12. Проводимость.

Рассмотрим отдельные отечественные анализаторы молока, используемые в Республике Беларусь, характеристики которых приведены в работе [5].

Ультразвуковой анализатор Лактан 1-4 исполнение Мини определяет массовую долю жира, СОМО, добавленную воду и плотность в пробе цельного, свежего, консервированного,

пастеризованного, нормализованного и обезжиренного молока. Среднее время измерения составляет 3 минуты, это в 2 раза быстрее, чем при использовании традиционного метода анализа, безопасней, экономичней и проще. Точность определения параметров качества молока при этом полностью соответствует требованиям стандартных методов.

Анализатор Лактан 1-4 позволяет за 180 секунд без использования химических реактивов определить шесть самых важных параметров – белок, жир, СОМО, плотность, температуру и массовую долю добавленной воды в пробе цельного свежего, консервированного, пастеризованного нормализованного, обезжиренного, восстановленного молока и молока длительного хранения [5].

Анализатор молока Клевер-2 обеспечивает экспресс-оценку процентного содержания жира, белка, сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО) и плотности в одной пробе свежего цельного, консервированного молока или сливок. Несмотря на многообразие функций, анализатор качества молока Клевер-2 прост в применении, что позволяет проводить на нем измерения неквалифицированному персоналу. Основные операции на приборе заключаются в том, чтобы залить пробу для измерения и после измерения слить ее. Выбрать пробу и залить ее в пробоприемник, – все это является делом считанных секунд. Процесс измерения качественных показателей молока или сливок занимает 2,5–3,5 мин. Молоко комнатной температуры измеряется за 2,5 мин, а охлажденное – за 3,5 мин. На индикатор прибора выводится вся необходимая оператору информация. Индикация результатов измерений производится в цифровой форме с дискретностью отсчета 0,01 % [5].

В качестве зарубежных аналогов приведем характеристики анализаторов из Болгарии серии Lactoscan [6]. Они могут быть применены для измерения жира, твердых частиц (СОМО), плотности, белка, лактозы, солей, содержание воды в процентах, температуры (°C), точки замерзания, pH, проводимости, а также общего содержания твердых веществ одного и того же образца непосредственно после доения, сбора и во время обработки; соматические клетки счетчики для выявления клинических и субклинических маститов; терморегулирующие устройства для различных видов тестов; высокочувствительные тест-полоски для выявления фальсификации нейтрализаторов, перекиси водорода и мочевины фальсификации сырого молока, которые работают в эффективном и надежном способом.

Обладая высокой точностью и скоростью, портативные ультразвуковые анализаторы молока Lactoscan конкурентоспособны с молочными анализаторами Foss Electric, Delta Instruments и Bentley, имеющих гораздо высокую цену. Минимальное энергопотребление и отсутствие расходных материалов делают анализатор молока Lactoscan привлекательным для молочной промышленности. Низкие эксплуатационные расходы затрат и невысокая цена делают анализатор молока Lactoscan подходящим для молочных ферм, молочных предприятий, центров отбора молока и лабораторий.

«Ekomilk: («Экомилк») – это модельный ряд ультразвуковых анализаторов качества молока болгарского производства. Приборы этой серии обладают следующими дополнительными возможностями: подключение pH-электрода для измерения активности ионов водорода в исследуемой пробе (отображение как в pH, так и в значениях титруемой кислотности молока °T), контроль фальсификации исследуемого цельного молока по параметру «Проводимость», коррекция градуировки анализатора путем введения поправочных величин. Также анализаторы молока Ekomilk («Экомилк») оснащены системой самодиагностики с выводом соответствующих ошибок на дисплей, имеют разъем RS-232 для подключения к персональному компьютеру и возможность подключения компактного термопринтера» [6].

Шлюзы-преобразователи

Конечное оборудование (анализаторы) может использовать разные интерфейсы и протоколы, что вызывает затруднения для подключения и опроса их средствами инфраструктуры в облачной среде. В нашем случае информация от анализаторов может поступать через параллельные либо последовательные порты. Поэтому необходимы шлюзы-преобразователи для взаимодействия с оборудованием облачной платформы. Рассмотрим возможные решения.

Одно из них представляет оборудование от компании MOXA, которая более 30 лет занимается созданием коммуникационных решений и использует свои наработки в области преобразователей Ethernet в COM-порт. Она разработала решение для подключения устройств с COM-портом к облачным средам. MOXA предлагает решения для подключения COM-устройств напрямую в облачную среду [7]. Рассмотрим некоторые такие преобразователи.

Преобразователи серий NPort IA5000A-I/O, NPort IAW5000A-I/O и шлюз MGate 5105-MB-EIP поддерживают интеграцию с Alibaba Cloud IoT Platform, Azure IoT Hub или с частным облаком через протокол MQTT.

Преобразователи NPort IA5000A-I/O и NPort IAW5000A-I/O позволяют передавать не только сырые данные с COM порта, но и управлять встроенными каналами дискретного ввода-вывода. Данные передаются по протоколу MQTT в формате JSON.

В IoT нет единого универсального протокола для интеграции физических объектов. Поэтому для создания сети физических устройств необходимо приобрести все компоненты одного производителя.

Облачные платформы

Данные платформы поддерживают интернет функции для приложений – запуск, обслуживание, аналитика, хранение данных и меры безопасности. Рассмотрим наиболее известные из них [8].

AWS IoT Core – основа, на которой может быть построено любое приложение IoT, Через AWS IoT Core устройства могут подключаться к Интернету и друг к другу и обмениваться данными. Платформа поддерживает различные протоколы связи, в том числе и пользовательские, что позволяет осуществлять связь между устройствами разных производителей. Сервис AWS IoT Device Management позволяет добавлять и организовывать различные устройства. Он обеспечивает безопасную и масштабируемую производительность с возможностью мониторинга, устранения неполадок и обновления функциональности устройства. Сервис AWS IoT Analytics предназначен для автоматической аналитики больших объемов различных данных IoT, включая неструктурированные данные с различных типов устройств. Данные, собранные и обработанные службой, готовы для использования в машинном обучении. Сервис AWS IoT Device Defender, поддерживающий настройку механизмов безопасности для систем IoT. AWS IoT Device Defender позволяет настраивать и управлять политиками безопасности, контролируя аутентификацию и авторизацию устройства, а также обеспечивая механизмы шифрования.

Платформа Google Cloud IoT включает в себя ряд служб, с помощью которых можно создавать сети IoT. Cloud IoT Core – полностью управляемый сервис для простого и безопасного подключения, а также управления и приема данных с различных устройств. Cloud Pub/Sub – сервис, который обрабатывает данные о событиях и предоставляет аналитику потоков в реальном времени. Cloud Machine Learning Engine, позволяющий создавать модели ML и использовать данные, полученные с устройств IoT.

Платформа Microsoft Azure IoT Suite предлагает как предварительно сконфигурированные решения, так и возможность настраивать их и создавать новые в соответствии с требованиями проекта. Можно получить механизмы безопасности, высокую масштабируемость и интеграцию с любыми существующими или будущими системами. Платформа позволяет подключать сотни устройств различных производителей, собирать аналитические данные и использовать данные IoT для целей машинного обучения.

Организация коммуникации в сети ИВ

Технология коммуникации, рекомендуемая для данной сети «Интернета вещей» мониторинга ферм, требует покрытия значительного расстояния. Она называется LPWAN (Low-power Wide-area Network – энергоэффективная сеть дальнего радиуса действия). В качестве сети передачи информации с молочных ферм в облачную среду выберем сеть 4-го поколения LTE, которая уже опробирована и хорошо себя зарекомендовала в Республике Беларусь. Однако она используется для интернета клиентов. Но в ее составе имеется технология CIoT-LTE-M, она в

рамках LTE имеет низкую скорость передачи данных, но большое покрытие – благодаря использованию возможностей LTE-сетей [9].

Заключение

В рамках автоматизации 4.0 для дистанционного мониторинга и контроля качества молока распределенных по территории района молочных ферм предложено использовать технологию ИВ. Представлена модель такой сети ИВ на базе многоагентной технологии. Предложена структура этой сети ИВ, включающей анализаторы молока, шлюзы-преобразователи, облачную структуру, в которой арендуется серверная платформа. В базе данных сервера хранятся показатели качества молока на основе критических контрольных точек. С мобильных аппаратов специалистов можно производить мониторинг этих показателей. В дальнейшем сеть ИВ сможет решать вопросы оптимизации этих показателей. Рассмотрены наиболее популярные облачные платформы. В качестве сети передачи информации с молочных ферм в облачную среду выбрана сеть 4-го поколения LTE с использованием технологии для сети ИВ – NB-IoT.

MODEL, STRUCTURE AND COMPONENTS OF THE INTERNET OF THINGS FOR CONTROLLING DAIRY FARMS

U.A. VISHNIAKOU

Abstract

The Internet of things (IoT) technology is used to control the quality of milk from distributed dairy farms. A multi-agent model (MAM) of IoT network and the structure of IoT network for controlling dairy farms are presented. The IoT structure includes milk analyzers, gateways-converters, cloud structure, and mobile devices. In the database (DB) of cloud structure stores the indices of milk quality. Mobile devices implement monitoring indicators of quality of milk from DB. The LTE network using CIoT-LTE-M technology as the network for transmitting information from dairy farms to the cloud environment is proposed.

Список литературы

1. Росляков, А. В. Интернет вещей : учеб. пособие / А. В. Росляков, С. В. Ваняшин, А. Ю. Гребешков. – Самара : ПГУТиИ, 2015. – 115 с.
2. Вишняков, В. А. Развитие сетей «Интернета вещей» и подготовка специалистов по инфокоммуникациям / В. А. Вишняков // Вестник связи. – 2020. – № 3. – С. 56–59.
3. Тихомиров, И. А. Современные технологии управления процессами обеспечения качества молока / И. А. Тихомиров, В. П. Аксенова, О. Л. Андрюхина // Вестник ВНИИМЖ. – 2018. – № 3(31). – С. 163–168.
4. Leyton-Brown, K. Multiagent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic and Logical Foundations / K. Leyton-Brown, Y Shoham. – London : Cambridge University Press, 2009. – 513 p.
5. Анализаторы качества молока [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.csm.brest.by/analizatory-kachestva-moloka>. – Дата доступа : 4.05.2020.
6. Милкотроник ltd – Болгария – высокое качество тестирования молока [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://lactoscan.com/?p=20&c=3&l=5>. – Дата доступа : 4.05.2020.
7. Подключаем СОМ порт напрямую в Облако [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://moxa.pro/news/new/podklyuchаем-som-port-napryamu-v-oblako/>. – Дата доступа : 4.05.2020.
8. Обзор лучших IoT платформ в 2019 году. Советы по выбору облачного решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.edsson.com/ru/blog/article?id=iot-platforms>. – Дата доступа : 4.05.2020.
9. Рентюк, В. Краткий путеводитель по беспроводным технологиям «Интернета вещей» Часть 4. Дальний радиус действия / В. Рентюк // Control Engineering. – 2018. – № 3(75). – С. 82–87.