13. Владимиров, С.А. Пути повышения эффективности использования земельных ресурсов / С. А. Владимиров, А. С. Цхамария, И. Г. Килиди // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: материалы Международной научно-практической конференции, Волгоград, 31 января - 3 февраля 2017 г. – Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2017. – Том 2. – С. 427-432.
14. Прус Д.В., Комплексная оценка природно-ресурсного потенциала формирования устойчивой урожайности культур в условиях Правобережья Кубани / Д. В. Прус, А. Х. Кайтмесов, С. А. Владимиров // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. ст. по материалам IX Всерос. конф. молодых ученых, посвящ. 75-летию В. М. Шевцова / отв. за вып. А. Г. Коцаев. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – С. 865-867.
15. Дьяченко, Н.П. Оценка влияния агроклиматических факторов на формирование урожая основных культур степной зоны Кубани / Н.П. Дьяченко, С.А. Владимиров, Е.В. Кузнецов // Научный журнал Труды / КубГАУ. – 2007. – Вып. № 3 (7). – С. 189-193.

Мирманов А.Б., Набиев Н.К., Алимбаев А.С., Жантурин Р.М.
Влияние IoT технологий на устройства по определению веса крупного рогатого скота

*Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина
(Казахстан, Нур-Султан)*

doi: 10.18411/lj-10-2019-44

idsp: ljjournal-10-2019-44

Аннотация

В статье приводятся технологии Интернета вещей прецизионного животноводства. Рассмотрен отечественный и зарубежный опыт, применяемый различными компаниями для сбора и передачи зоотехнических данных на фермах и удаленных пастбищах. Сделан обзор методов определения массы крупного рогатого скота, и тенденции к развитию этого направления. Анализируются сети ближнего и дальнего радиуса действия, которые нашли применение в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: прецизионное животноводство, весы для животноводства, Интернет вещей IoT, RFID метки, сети LPWAN, LoRaWAN.

Abstract

The article presents the technologies of the Internet of things of precision animal husbandry. Domestic and foreign experience applied by various companies for collection and transmission of zootechnical data on farms and remote pastures is considered. A review of methods for determining the mass of cattle, and trends in the development of this direction. Short-and long-range networks that have found application in agriculture are analyzed.

Keywords: precision livestock, livestock scales, Internet of things, Internet of things, RFID tags, LPWAN, LoRaWAN.

Современное сельское хозяйство - это переход к новым производственным подходам. Основа этой трансформации сельскохозяйственная техника и оборудование, дополненные телеметрическими системами [1]. Системы телеметрии и мониторинга сельскохозяйственного производства считаются одними из самых инновационных технологий прецизионного животноводства и представляют собой автоматические системы сбора и передачи информации, а также анализа данных и дистанционное принятие решений.

Цель прецизионного животноводства (PLF): создание системы управления на основе автоматического непрерывного контроля и управления в режиме реального времени. В настоящее время на животноводческих хозяйствах используются в основном технологии для измерения различные параметров внутри фермы (вентиляция, подача питания, отопление и другие), но к сожалению, малая доля из них

сосредоточена непосредственно на животном. Современные технологические инструменты (датчики температуры, датчики pH, идентификационные датчики, беспроводные средства связи, интернет и облачное хранилище) делает возможным мониторинг за каждым животных отдельно.

Одним из очень важных показателей развития молодняка крупного рогатого скота его вес. Для получения максимальной точности массы крупного рогатого скота взвешивание следует проводить многократно, используя обычные промышленные весы либо более современные электронные приборы. Взвешивание должно проводится вне зависимости от места размещения животных, будь то ферма или удаленное пастбище. В большинстве случаев процесс взвешивания, проводится в ручном режиме либо полуавтоматическом режиме, а занимает определённое время, также процедура взвешивания является стрессовой для всего поголовья стада. Не редко используются менее точные методы измерения веса животных, при этом не используются приборы (весы), а оценка идет по размерам частей тела. Такой метод не совсем эффективен и требует высокой квалификации персонала.

Механическое взвешивание является самым старым и простым методом ручного взвешивания животного (рис.1).

При всей своей простоте, процесс ручного взвешивания сопряжен с определёнными трудностями, отделение определённых животных от стада, создание спокойных условий для точного взвешивания, также сам ручной труд фермера и достаточно большой объем времени.

Рисунок 1. Механические весы для КРС

Взвешивание при помощи электронных весов, в отличие от механического взвешивания, позволит упростить процесс, но полностью исключить человека из него пока не дает (рис.2). Поэтому такой метод можно отнести к полуавтоматическому процессу взвешивания.

Рисунок 2. Электронные весы для крупного рогатого скота

Большой скачок в технологическом развитии животноводства сыграло внедрение радиочастотных идентификационных меток. Применение RFID систем способствовало развитию концепции прецизионного животноводства. Интенсивные исследования автоматических систем взвешивания крупного рогатого скота с применением RFID привело к новым разработкам [2,3].

Австралийская компания TRU-TEST разрабатывает системы измерения веса КРС при проходе особи через специальные ворота [4]. Общая структура системы сбора данных данной компании представлен ниже (рис. 3):

Рисунок 3. Система сбора данных компании TRU-TEST

Основное возможности данной системы — это измерения веса КРС при проходе через модифицированные ворота. Установленная RFID метка позволяет вести учет и автоматически регистрировать особь при проходе через эти ворота. Установленная на боковой стенке массивная RFID антенна позволяет считывать данные на расстоянии до 1 метра. Антенна подключается к радиочастотному модулю распознавания XRP2. Также имеется ручное устройство считывания данных с RFID метки. Оно имеет форму ручной указки, которую нужно подносить к месту крепления метки на особи. Вес измеряется специальными продольными тензодатчиками которые подключаются в индикатор веса с большим цифровым дисплеем.

Модуль передает данные через канал протокол Bluetooth на телефон с интернет подключением. Если у вас отсутствует возможность подключения к сети GSM или 3G, вся информация хранится на телефоне до момента подключения к сети интернет (рис. 4).

Данные хранятся на сервере у компании, а также есть возможность просмотра информации о стаде через веб-браузер.

Рисунок 4. Передача данных от модулей по каналу Bluetooth на телефон и GSM на сервер

Система сбора данных компании TRU-TEST предполагает прямое управление и близкое присутствие оператора при измерении веса коровы. Автономность ограничивается потребностью наличия смартфона для сбора данных и передачи на

сервер. Такой подход ограничивается человеческими ресурсами и отсутствием автономного канала передачи данных.

Канадская компания GrowSafe также разрабатывает системы автоматического сбора данных с КРС [5]: станциям для взвешивания (рис. 5) и места кормления (рис 6.). Системы оборудованы RFID антеннами для считывания меток идентификации.

Рисунок 6. Станция водопоя и взвешивания КРС

Станция водопоя и взвешивания укомплектована электронными весами и распылителями. После подтверждения RFID метки происходит замер веса по давлению создаваемого на плиту передними копытами скотины. Далее на контроллере принимается формируется сообщение с данными каждой скотины.

Рисунок 6. Станция корма компании GrowSafe

Станция корма также имеет свои RFID антенны. Основное назначение данной станции – оценка эффективности кормов.

Обзор зарубежного опыта показал, что активно ведутся разработки мобильных систем сбора и передачи зоотехнической информации с пастбищ. Сравнительный анализ этих систем показал несущественные различия между существующими в мире решениями. Большинство базируется на радиочастотной идентификации RFID и передачи данных по каналу GSM. Для получения данных о массе животного применяются электронные весы на основе тензометрических датчиков. Сбор дополнительных зоотехнических данных ведется в полуавтоматическом режиме - данные со специальных болюсов и датчиков автоматически по радиоканалу поступают в информационную систему, которая может дополняться данными получаемых от ветеринаров в ручном режиме. В Казахстане в настоящее время наблюдается разрозненное применение систем автоматизации контроля за КРС, а опыт ведущих отечественных животноводческих фермах показал, что нельзя бездумно копировать зарубежные решения, в виду специфики казахстанских условий. Следовательно,

необходимо применив аналогичные инфотелекоммуникационные системы (RFID, GPRS/GSM, LoRa) разработать собственную.

Технология RFID наиболее часто используется разработчиками для прецизионного животноводства, но на рынке есть и другие протоколы радиочастотной идентификации [6]. На данный момент в мире для идентификации и учета КРС применяется несколько протоколов: RFID, NFC и iBeacon. Каждый из этих протоколов имеет свои достоинства и недостатки. Ниже эти протоколы рассмотрены подробнее, оценены их плюсы и минусы. Основные характеристики стандартов идентификации показаны в таблице 1.

Таблица 1.

Основные характеристики стандартов идентификации [7-10]

Характеристика	RFID	NFC	Bluetooth
Рабочая частота	LF (125-134kHz), HF (13.56MHz), UHF (860-960 MHz)	13.56 MHz	2.4-2.4835 GHz
Связь	Односторонняя	Двусторонняя	Двусторонняя
Радиус действия	До 200 м	До 10 см	100 м
Доступность в мобильном телефоне	Нет	Да	Да
Питание от батареи	Не требуется	Не требуется	Необходимо

Как уже было сказано, чипирование КРС с помощью RFID меток нашло широкое применение в международной практике. Существует три основных стандарта нормирующих использование пассивных RFID меток: ISO 11784, ISO 11785, ISO 14223.

В состав системы RFID входит непосредственно метка снабженная печатной антенной и считыватель, оснащенный полноценной излучающей антенной.

Схемотехника метки проста и не требует дополнительного питания в виде батарейки. Электроника метки питается от ЭДС наведенного через антенну. Таким образом, считыватель одновременно является и возбудителем, и приемником, и источником питания для метки.

Рисунок 6. RFID система

На данный момент распространено несколько форм-факторов чипов: ушная метка, ошейник, заглатываемая метка оседающая в пищеварительном тракте. Метки разделяются по диапазонам рабочих частот: LF (125-134kHz), HF (13.56MHz), UHF (860-960 MHz).

Рисунок 7. Метки для идентификации КРС на базе RFID

NFC является логическим продолжением стандартов RFID. В качестве объектами взаимодействия NFC могут выступать два смартфона, смартфон и RFID метка. NFC устройства совместимы с RFID метками HF (13,56 МГц)-диапазона.

Коммуникационные протоколы этих устройств основаны на стандартах RFID, вплоть до первого поколения стандартов ISO 14443. Перечень этих стандартов продвигается некоммерческой ассоциацией NFC Forum в которую входят NXP, Sony, Nokia.

NFC присущи все основные преимущества использования RFID за исключением дальности действия. Как правило, радиус считывания для NFC составляет всего 10 см. Но в свою очередь NFC обладает свойством двунаправленной связи, это значит, что существует возможность организации более сложного взаимодействия.

Микрочипы с Bluetooth – не столь популярны в животноводстве. Хотя модули Bluetooth встроены в разные типы потребительской электроники, такие как смартфоны, компьютеры и т.д. Bluetooth LE в свою очередь является расширением стандарта Bluetooth, но с меньшим энергопотреблением. Большинство Bluetooth устройств поддерживает двухстороннюю передачу данных в диапазоне 10 метров.

Существует два наиболее распространенных типа Bluetooth меток: iBeacon и Eddystone. Оба протокола довольно схожи по принципу действия. Маячки рассылают поток символов в специальном формате через определенные промежутки времени. Любой Bluetooth приемник в радиусе действия маячка может принять этот сигнал и выполнить какое-либо действие. Маячок является излучателем, соответственно ему необходимо питание от источника электричества, что является самым важным недостатком этого протокола.

Весовая установка, оборудованная антеннами для считывания идентификационных меток может находиться на значительном удалении от информационно системы собирающей и обрабатывающей данные. Следовательно, необходима технология, позволяющая передавать собранные данные по радиоканалу на большие расстояния. По каналу будут передаваться следующие данные: идентификатор коровы, вес, количество выпитой воды.

Таким образом, перед протоколом стоят следующие требования и рекомендации:

- большой радиус действия;
- нет больших требований к скорости передачи;
- низкое энергопотребление;
- необходима возможность двухсторонней связи.

Таким требованиям соответствует несколько протоколов интернета вещей: Narrowband IoT, LoRa, Sigfox, СТРИЖ. Группа этих протоколов часто обозначает как LPWAN – low power WAN.

Narrowband IoT – это протокол, разработанный 3GPP для подключения устройств не требующих высоких скоростей к мобильным сетям. Устройства NB-IoT как правило работают от батареи. NB-IoT предназначен для отправки и получения небольших объемов данных - несколько десятков или сотен байтов в день, создаваемых низкоуровневыми IoT-устройствами.

Самым главным недостатком NB-IoT является то, что для его работы обязательно нужно находиться в зоне покрытия сотовой связи (чаще 4G LTE), что невозможно в полевых условиях на территории Казахстана.

LoRa - это способ модуляции протокола LoRaWAN. LoRaWAN – это стандартный протокол для WAN коммуникации. Технология LoRa - объединяет в себе метод модуляции LoRa в беспроводных сетях LPWAN и открытый протокол LoRaWAN. LoRa может обеспечивать межмашинное взаимодействие (M2M) на расстоянии до 35 км при минимальном потреблении электроэнергии, обеспечивающем несколько лет автономной работы на одном аккумуляторе AA. LoRa позволяет распознавать сигналы

на уровне 20dB ниже уровня шумов, тогда как большинство систем с частотной манипуляцией могут корректно работать с сигналами на уровне не ниже 8-10dB над уровнем шумов. На базе технологии LoRa можно строить сети с различной архитектурой: mesh, звезда, точка-точка и другие. К достоинствам использования LoRa можно отнести и то, что необходимо получать лицензию на использование радиочастотного спектра, а для питания модуля достаточно батареи, при желании небольшой солнечной панели.

Sigfox сети не представлены на рынке постсоветского пространства, поэтому не могут быть применены на территории РК.

Еще один интересный представитель протоколов LPWAN. В отличие от LoRa в технологии «СТРИЖ» используется широкополосное кодирование, поэтому ширина канала «Стрижа» минимальная ширина канала составляет 100 Гц против 125 кГц у LoRa. В то же время скорость передачи данных несколько ниже, кроме того стоимость базовой станции «Стрижа» в среднем ниже. К сожалению, на данный момент производством устройств, работающих по технологии «Стрижа» выпускает только одна компания, и соответственно развитие технологии на данный момент полностью зависит от компании производителя.

Таблица 2.

Сравнение характеристик протоколов LPWAN [11-19]

Технические характеристики	LoRa	СТРИЖ	NB-IoT	SigFox
Используемый диапазон	ISM (Нелиценз)	ISM (Нелиценз)	LTE (Лиценз)	ISM (Нелиценз)
Скорость	0,3-50 кбит/сек	0.1- 10 кбит/сек	150 кбит/сек (адаптивная)	100 бит/сек
Автономность	более 10 лет	Более 10 лет	3-5 лет	До 20 лет (2 батареи AA)
Максимальная мощность передатчика	0,025 W	0.025 W	0.2 W	0.025 W
Дальность	До 2,5 км в городе, до 45 км вне города	Более 50 км	В пределах покрытия 4G LTE	До 10 км в городе, до 50 км вне города
Реализация в странах СНГ	Есть	Есть	Есть	Нет
Представлен в Казахстане	Да	Да	Да	Нет

Как видно из сравнительной таблицы сети на базе протокола LoRaWAN и «Стриж» соответствуют требованиям проекта. Единственным и главным недостатком технологии «Стриж» является то, что эта технология не поддерживается сторонними производителями оборудования. В тоже время LoRa довольно широко представлена на рынке.

Основываясь на мировом опыте и применяемых инфокоммуникационных технологиях, трендом в разработке образцов оборудования для удаленного контроля идентификации, контроля живой массы крупного рогатого скота вероятнее всего является симбиоз технологий RFID и LoRa. Для организации идентификации КРС единственным решением является система RFID меток различной дальности. Для взвешивания скота разнообразные тензодатчики. Для организации связи сеть LoRaWAN с антенной и дополнительными модулями.

Таким образом, изучен и рассмотрен отечественный и зарубежный опыт, применяемый различными компаниями для сбора и передачи зоотехнических данных на фермах и удаленных пастбищах. Лидирующие позиции в удаленном мониторинге

крупного рогатого скота занимают канадские компании. Анализ применения автоматизации в животноводстве показал необходимость использования на различных этапах сбора данных различных технологии передачи информации, связанных с концепцией Интернета вещей.

В качестве инфокоммуникационных систем главные позиции занимают следующие технологии: для идентификации - RFID системы, для передачи данных – LoRaWAN сети, в качестве резерва - протокол GPRS на GSM сетях.

Данная работа выполнена в рамках ПЦФ МСХ РК, BR06349515 «Трансферт и адаптация инновационных технологий для оптимизации производственных процессов на молочных фермах Северного Казахстана».

1. Коммуникационные технологии для интернета вещей в сельском хозяйстве (Agro IoT) и роль операторов связи: Аналитический отчет компании J'son & Partners Consulting – Режим доступа: http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/kommunikatsionnye-tehnologii-dlya-interneta-veschey-v-selskom-hozyaystve-agro-iot-i-rol-operatorov-svyazi--20170705011636 [Дата обращения: 19.10.2019]
2. D.Stajanko, P.Vindiš, J.Marjan, M.Brus Non Invasive Estimating of Cattle Live Weight Using Thermal Imaging// New Trends in Technologies: Control, Management, Computational Intelligence and Network Systems, 2010, pp. 243-254.
3. W heatsheaf backs agriculture technology provider – Режим доступа: <https://www.insidermedia.com/insider/northwest/wheatsheaf-invests-into-agriculture-technology-provider> [Дата обращения: 12.10.2019]
4. Remote WOW Systems – Режим доступа: <https://livestock.tru-test.com/en-au/product/remote-wow-systems> [Дата обращения: 20.10.2019]
5. GrowSafe – Режим доступа: <http://www.growsafe.com/> [Дата обращения: 22.10.2018]
6. U. Ketprom, C. Mitrpant, P. Makhapun, S. Makwimanloy and S. Laokok, "RFID for Cattle Traceability System at Animal Checkpoint," 2011 Annual SRII Global Conference, San Jose, CA, 2011, pp. 517-521.
7. RFID Tag Specifications – Режим доступа: <http://waterparkrfid.com/rfid-tag-specifications/> [Дата обращения: 22.10.2018]
8. Bluetooth Core Specification 5.0 Dec 2016 – Режим доступа: <https://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification> [Дата обращения: 22.10.2018]
9. Near Field Communication Technology Standards – Режим доступа: <http://nearfieldcommunication.org/technology.html> [Дата обращения: 22.10.2018]
10. Comparative study of NFC, Bluetooth, RFID and IrDA. Akshay Sharma and other // International Journal of Computer Engineering and Applications, Volume XI, Special Issue, May 17, pp.1-9
11. B. Vejlggaard, M. Lauridsen, H. Nguyen, I. Z. Kovacs, P. Mogensen and M. Sorensen, "Coverage and Capacity Analysis of Sigfox, LoRa, GPRS, and NB-IoT," 2017 IEEE 85th Vehicular Technology Conference (VTC Spring), Sydney, NSW, 2017, pp. 1-5.
12. Sinha R., Wei Y., Hwang S. A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT // J. ICT Expr., 3 (2017), pp. 14-21
13. W. Guibene, J. Nowack, N. Chalikias, M. Kelly, Evaluation of LPWAN technologies for smart cities: River monitoring use-case, in: Proc. of WCNCW, San Francisco, CA, USA, 2017, pp. 17–22
14. Nolan K. E., Guibene W., Kelly M. Y. An Evaluation of Low Power Wide Area Network Technologies for the Internet of Things // International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC). 2016. pp. 439–444
15. Yi-Wei Ma, Jiann-Liang Chen, "Toward intelligent agriculture service platform with lora-based wireless sensor network", Applied System Invention (ICASI) 2018 IEEE International Conference on, pp. 204-207, 2018.
16. Д. Л. Кумаритова, Р. В. Киричек Обзор и сравнительный анализ технологий LPWAN сетей // Информационные технологии и телекоммуникации. 2016. Т. 4. № 4. С.33-48
17. LoRa против «Стрижа»: сравнение технологий – Режим доступа: <https://iot.ru/gorodskaya-sreda/lora-protiv-strizha-sravnienie-tekhnologiy> [Дата обращения: 23.10.2018]
18. Rashmi Sharan Sinha, Yiqiao Wei, Seung-Hoon Hwang A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT // ICT Express, Volume 3, Issue 1, 2017, pp. 14-21
19. S. Persia, C. Carciofi and M. Faccioli, "NB-IoT and LoRA connectivity analysis for M2M/IoT smart grids applications," 2017 AEIT International Annual Conference, Cagliari, 2017, pp. 1-6.