

УДК 004.715+004.896

ПЕРИФЕРИЙНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В СЛОЕ ЗОНДИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ



Т.А. Радишевская

Старший преподаватель кафедры
финансового менеджмента и
информатизации здравоохранения БелМАПО

ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования», Республика Беларусь.
E-mail: rta1504@mail.ru.

Т. А. Радишевская

Окончила БГУИР с присвоением квалификации «инженер-системотехник». Аспирант УО «Белорусская государственная академия связи». Область научных интересов: нейронные сети, генетические алгоритмы.

Аннотация. Описан маршрутизатор физических интерфейсов со средой передачи RS-485/Ethernet и протоколами обмена данными MODBUS RTU/TCP для слоя зондирования Промышленного Интернета Вещей. Маршрутизатор построен на серийно выпускаемой плате NUCLEO и объединительной плате узла датчиков, обеспечивающей сопряжение с датчиками и исполнительными устройствами с расширенными сетевыми возможностями. Программное обеспечение маршрутизатора предоставляет возможность подключения функций ограниченного искусственного интеллекта при обработке информации от датчиков, что позволяет ему реализовать периферийный интеллект с машинным обучением.

Ключевые слова: периферийный интеллект, слой зондирования, Промышленный Интернет Вещей, маршрутизатор, объединительная плата узла датчиков.

Введение.

На сегодняшний день традиционные отрасли промышленности стоят на пороге четвертой индустриальной революции (Индустрия 4.0), которая повлечет за собой кардинальную модернизацию производства, предъявляющую новые требования к вычислительным и сетевым инфраструктурам. Индустрия 4.0 требует более широкого применения роботов, интеллектуальных датчиков и исполнительных устройств на экосистеме Промышленного Интернета Вещей. Вычислительная модель периферийных облачных вычислений, которая в дополнение к вычислениям в облаке распространила обработку данных на периферию сети, потребовала своего развития. Белая книга IEC [1] определила направление этого развития как периферийный интеллект (Edge Intelligence, далее EI), реализованный на пограничных вычислительных узлах (edge computing node – ECN), развернутых рядом с конечным устройством инфраструктуры.

EI – это периферийные вычисления с машинным обучением и расширенными сетевыми возможностями, а ECN должен принимать локальные решения на основе считанной/полученной информации и политик/алгоритмов от основных серверов. Решения могут применяться локально или передаваться на главные серверы для агрегирования и принятия окончательного решения [1]. В связи с возможностью машинного обучения и необходимостью локального исполнения решений EI тесно связан с концепцией Тактильного Интернета, описанной в отчете Сектора стандартизации Международного союза электросвязи ITU-T [2]. Под Тактильным Интернетом подразумевается тактильное взаимодействие с обратной связью через Интернет, который

предполагает тактильное взаимодействие с обратной связью, технические системы которого поддерживают не только аудиовизуальное взаимодействие, но и участие роботизированных систем, которые управляются с незаметным для пользователя временем задержки около 1 миллисекунды [3].

Архитектура слоя зондирования.

Архитектура Индустрии 4.0 стала сервис-ориентированной и в отличие от Индустрии 3.0 в ней появилось понятие слоев, причем чаще всего выделяют три слоя [4].

На верхнем уровне находится сервисный слой, в котором создаются сервисы и осуществляется управление ими. В сервисный слой должны обязательно входить компоненты «База данных», «Аналитика», «Визуализация». Транспортный слой обеспечивает базовую сетевую поддержку и передачу данных сетям различного типа. Слой зондирования находится ближе всего к датчикам и исполнительным устройствам и выполняет следующие функции:

1) стабильную работу всех оконечных устройств, их конфигурирование и обновление программного обеспечения;

2) приведение различных протоколов/форматов данных и единому программному интерфейсу;

3) мониторинг текущего состояния оборудования на основе потоковых данных телеметрии.

На рисунке 1 представлена архитектура слоя зондирования распределенной телекоммуникационной системы для цифрового преобразования производства к уровню Индустрии 4.0 (далее – РТКС 4.0), которая является детализацией архитектуры [5].

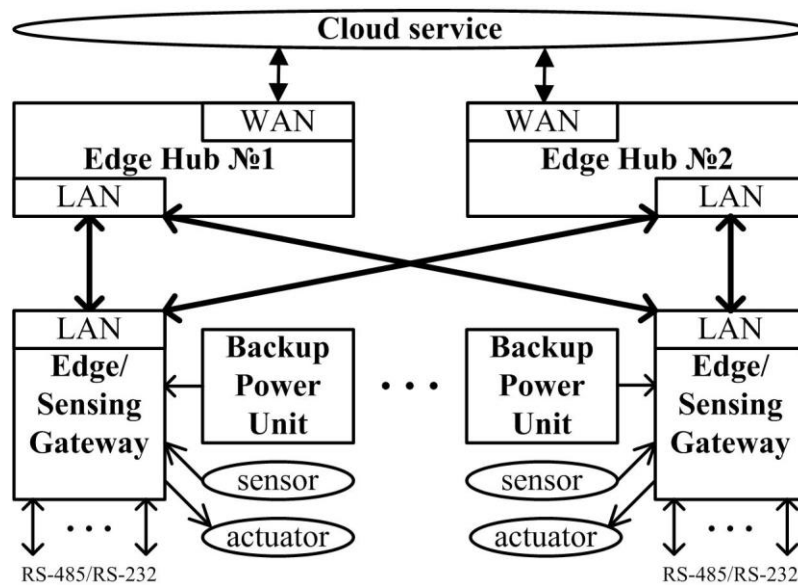


Рисунок 1. Архитектура слоя зондирования РТКС 4.0

При разработке архитектуры слоя зондирования был выбран паттерн архитектуры взаимодействия и управления посредством шлюза, однако одно устройство Edge Gateway/Hub (единую точку сопряжения между LAN и WAN) было разделено на два устройства Edge Hub, резервирующие друг друга, и устройства Edge/Sensing Gateway, развернутых рядом с конечными устройствами инфраструктуры. В качестве аппаратной платформы Edge Hub выбран сервер cMT-SVR-100 тайваньской компании Weintek Labs, имеющий встроенный брокер протокола MQTT.

Edge/Sensing Gateway представляет собой маршрутизатор физических интерфейсов со средой передачи RS-485/Ethernet и протоколами обмена данными MODBUS RTU/TCP и дополнительно оснащен средствами сопряжения с датчиками и исполнительными устройствами. Возможности маршрутизации позволяют включать Edge/Sensing Gateway в разрыв полевой шины MODBUS, что позволит получать доступ к регистрам устройств на физической шине RS-485 по Ethernet от устройств Edge Hub.

В качестве вычислительного ядра Edge/Sensing Gateway выбрана плата NUCLEO-F767ZI с установленным микроконтроллером семейства STM32F7, основанном на процессорном ядре ARM Cortex-M7 с производительностью 2,14 DMIPS/МГц, работающем на частотах до 216 МГц (пиковая производительность до 462 DMIPS) и увеличенным объемом ОЗУ до 320 кбайт.

Плата NUCLEO-F767ZI устанавливается в качестве мезонина на объединительную плату узла датчиков, которая обеспечивает сопряжение цифровых и аналоговых портов ввода/вывода микроконтроллера с тремя интерфейсами RS-485, шестью аналоговыми входами с диапазоном входных напряжений 0-10 В, шестью выходами для управления реле с напряжением срабатывания 12 В и 12 универсальными цифровыми входами/выходами.

Для резервирования электропитания устройств Edge/Sensing Gateway используются блоки резервного питания БРП 12 (Backup Power Unit) постоянного тока, предназначенные для резервирования электроснабжения устройств телекоммуникационного назначения за счет энергии, накопленной в супер-конденсаторной батарее. БРП 12 производит УП «ИНТИС» (Республика Беларусь) по ТУ BY 100315091.003-2020.

Маршрутизатор MODBUS RTU/TCP.

MODBUS – широко распространенный промышленный протокол для организации обмена данными между различными устройствами. Популярность объясняется многими факторами, среди которых простота реализации, открытость протокола, надежный контроль ошибок, массовая распространенность. MODBUS дает возможность подключения к одному мастеру по общей шине большого количества подчиненных устройств с последующим обращением к любому из них при помощи выделенного ему адреса. Имеющийся широкий парк оборудования с интерфейсом RS-485 и протоколом MODBUS RTU требует сопряжения его с интерфейсом Ethernet и протоколом MODBUS TCP.

На рисунке 2 показана режим работы Edge/Sensing Gateway в режиме концентратора данных с трех отдельных сетей на интерфейсе RS-485.

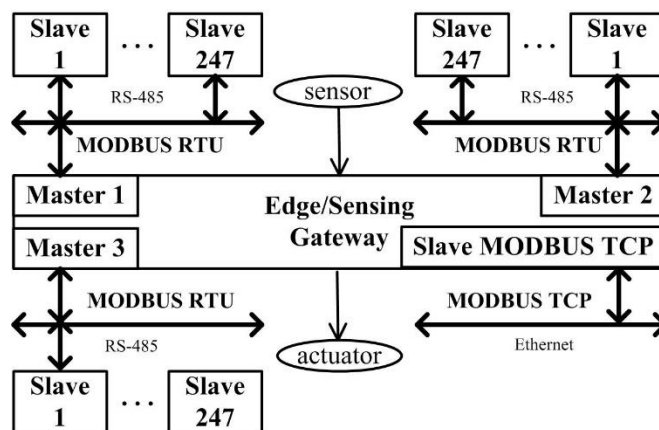


Рисунок 2. Edge/Sensing Gateway в режиме концентратора данных

Edge/Sensing Gateway представляет собой концентратор данных MODBUS RTU, который может собирать данные с трех сетей и позволяет MODBUS TCP master-устройствам читать и записывать данные через Ethernet. MODBUS TCP master-устройство может считать все данные со всех slave-устройств при помощи одной команды, что позволяет опрашивать MODBUS RTU slave-устройства с большей производительностью чтения и записи.

На рисунке 3 показана режим работы Edge/Sensing Gateway в режиме маршрутизатора MODBUS RTU/TCP.

В этом режиме один или два порта RS-485 конфигурируются в режим slave-устройства. На рисунке порты 1 и 3 определены как подчиненные с адресами 1 и 3 соответственно. Порт 2 остался в режиме ведущего и мастера на портах 1 и 3 получили возможность обращаться к slave-устройствам на порту 2. В этом случае окончание пакета отслеживается по паузам.

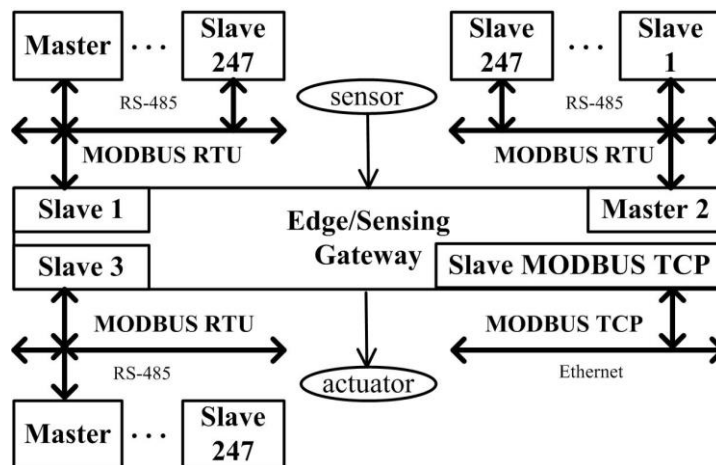


Рисунок 3. Edge/Sensing Gateway в режиме маршрутизатора MODBUS RTU/TCP

Master-устройства являются инициаторами обмена данными и ведут опрос slave-устройств асинхронно друг от друга. При этом Edge/Sensing Gateway является арбитром и упорядочивает запросы. Если одно из master-устройств начало обмен с одним из slave-устройств, то шина на порту 2 считается занятой до тех пор, пока slave-устройство не ответит и ответ не будет полностью отправлен master-устройству. Запросы от другого master-устройства в это время будут буферизироваться. Несмотря на задержки с получением ответа два master-устройства могут работать одновременно.

Функции ограниченного искусственного интеллекта.

До недавних пор практическое применение искусственных нейронных сетей на уровне слоя зондирования Промышленного Интернета Вещей было крайне ограничено из-за недостаточной вычислительной мощности микроконтроллеров. Наличие программного пакета STM32Cube. AI от STMicroelectronics позволяет построить искусственную нейросеть на базе микроконтроллера STM32F7, установленного на плате NUCLEO-F767ZI [6]. Процесс создания приложения на базе нейронной сети в микроконтроллерах STMicroelectronics состоит из пяти базовых этапов. Первые три этапа относятся к созданию нейросети, а четвертый и пятый – к эксплуатации.

На первом этапе происходит сбор данных для анализа. Обычно для этого используются датчики и сенсоры, которые располагаются рядом с объектом анализа и регистрируют изменения его состояния в пространстве и времени. На втором этапе данные, полученные от сенсоров, необходимо промаркировать. Такие промаркированные данные являются эталоном для обучения и проверки нейросети. На третьем этапе происходит тренировка модели нейросети, которая представляет собой итерационный процесс обработки эталонных наборов данных с целью минимизации критерия ошибки. Эта задача обычно выполняется с помощью готовых интегрированных сред от сторонних разработчиков. Выходные данные этих сред могут быть напрямую импортированы в пакет STM32Cube. AI.

На четвертом этапе происходит преобразование предварительно обученной нейросети, сгенерированной сторонней интегрированной средой, в программный код, оптимизированный для исполнения на микроконтроллере STM32. Финальный, пятый этап – это внедрение созданной нейросети в пользовательское приложение. Для решения данной задачи компания STMicroelectronics предлагает широкий набор низкоуровневых драйверов, библиотек и пользовательских приложений, собранных в один пакет программного обеспечения.

Заключение.

Предложенный маршрутизатор физических интерфейсов со средой передачи RS-485/Ethernet и протоколами обмена данными MODBUS RTU/TCP позволяет интегрировать сети на интерфейсе RS-485 и протоколе MODBUS RTU в архитектуру слоя зондирования РТКС 4.0. Маршрутизатор построен на плате NUCLEO-F767ZI и объединительной плате узла датчиков, обеспечивающей сопряжение с датчиками и исполнительными устройствами. Программный пакет

STM32Cube. AI от STMicroelectronics предоставляет возможность подключения функций ограниченного искусственного интеллекта при обработке информации от датчиков, что позволяет на плате NUCLEO-F767ZI реализовать периферийный интеллект с машинным обучением.

Список литературы

- [1] IEC White Paper. Edge intelligence. [Electronic resource]. Mode of access: <https://basecamp.iec.ch/download/iec-white-paper-edge-intelligence-en/> - Date of access: 31.03.2021.
- [2] The Tactile Internet. ITU-T Technology Watch Report August 2014. [Electronic resource]. Mode of access: https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/23/01/T23010000230001PDFE.pdf / - Date of access: 02.04.2021.
- [3] Ястребова А. А., Выборнова А. И., Киричек Р. В. Обзор концепции тактильного интернета и технологий для его реализации // Информационные технологии и теле-коммуникации. 2016. Том 4. № 4. С. 89-96.
- [4] Журнал Control Engineering Россия профессиональное научно-техническое издание. «Интернет вещей» в промышленности: обзор ключевых технологий и трендов. [Электронный ресурс]. -Санкт-Петербург, 2020. -Режим доступа: <https://controlengrussia.com/internet-veshhej/klyuchevy-h-tehnologij/> . - Дата доступа 01.03.2021.
- [5] Радишевская, Т. А., Радишевский, Д. В. Архитектура Промышленного Интернета Вещей для цифрового преобразования производства / Т. А. Радишевская, Д. В. Радишевский // Современные средства связи : материалы XXIV Междунар. науч.-техн. конф., 17–18 окт. 2019 года, Минск, Респ. Беларусь ; редкол. : А. О. Зеневич [и др.]. – Минск : Белорусская государственная академия связи , 2019. – С. 43-44.
- [6] Портал компании КОМПЭЛ. Нейронные сети на базе STM32G4. Теория и практика. [Электронный ресурс]. -Москва, 2021. -Режим доступа <https://www.compel.ru/lib/140486> . -Дата доступа 05.04.2021.

EDGE INTELLIGENCE IN THE SENSING LAYER OF THE INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS

T.A. RADISHEVSKAYA

*Senior teacher of the Department of
Economics and Health Informatics
of the Belarusian Medical Academy
of Postgraduate Education*

*Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education, Republic of Belarus
E-mail: rta1504@mail.ru*

Abstract. A physical interface router with an RS-485 / Ethernet transmission medium and MODBUS RTU / TCP communication protocols for the sensing layer of the Industrial Internet of Things are described. The router is designed for the commercially available NUCLEO board and sensor node backplane, which provides interfacing with the sensor and actuators with advanced network capabilities. The router software provides the ability to connect narrow artificial intelligence functions when processing information from sensors, which allows it to implement peripheral intelligence with machine learning.

Keywords: edge intelligence, sensing layer, Industrial Internet of Things, router, sensor node backplane.