

УДК 618.518.5:62-251

ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ЭКОСИСТЕМАМИ ТРЕНДА INDUSTRY 4.0, ПОСТРОЕННЫМИ НА ОСНОВЕ ФРЕЙМВОРКА FIWARE

КЕЧИК¹ Д. А., ДАВЫДОВ¹ И. Г., ГЕРАСИМУК² Я. В., ЦУРКО¹ А. В., СМОЛЕВ М. А.¹

¹Белорусский Государственный университет информатики и радиоэлектроники

²Белорусский государственный экономический университет

(г. Минск, Республика Беларусь)

E-mail: ya.dan.kechik@yandex.by

Аннотация. В данной работе рассматривается применение компонентов FIWARE, соединение их с системой автоматизированной диагностики роторного оборудования и применение для передачи данных и объединения в экосистему с иными системами телеметрии, а также системами управления предприятием. Цель работы - обосновать использование рассмотренной системы в рамках автоматизированного производства, предложить вариант реализации системы диагностики оборудования в Индустрии 4.0.

Abstract. Application of FIWARE components is considered in this paper, coupling it with automatic system of vibration diagnosing of rotor equipment and its application for data transmission and unification with other telemetry systems and systems of enterprise management in the common ecosystem. The purpose of this paper is justification of application of the considered system within the automated industry and of the equipment diagnosing system implementation proposal in Industry 4.0.

Введение

Для повышения надёжности эксплуатации оборудования разработана область технической диагностики оборудования, которая включает в себя ряд методов выявления дефектов узлов машин и системы в целом. Особый интерес представляют собой методы неразрушающего контроля, т.е. не требующие выведения объекта диагностики из работы либо его демонтажа. Без нарушения режима работы оборудования осуществляется контроль ТС ПО множеством методов, называемых функциональными - отслеживание состояния смазки, температуры, анализ вибрации, шума, электромагнитного излучения и потребления тока. Их дополняют тестовые методы, предполагающие анализ реакции объекта диагностики на внешнее воздействие.

Для повышения надёжности эксплуатации промышленного оборудования (ПО) осуществляется непрерывный контроль его технического состояния (ТС). Одним из наиболее распространённых методов неразрушающего функционального контроля ТС ПО является анализ его вибрации. Вибродиагностика (ВД) – метод диагностирования технических систем и оборудования, основанный на анализе параметров вибрации, создаваемой работающим агрегатом либо возбуждаемой извне. Достоинства данного подхода - мгновенная реакция на изменение состояния машины и возможность анализа состояния труднодоступных узлов агрегата, возможность получения полной информации о состоянии агрегата [1, 2]. Используемые в диагностике методы позволяют оценивать как состояние агрегата в целом, так и его отдельных узлов, распознавать конкретные виды неисправности. По итогам наблюдений в течение некоторого времени составляется заключение о текущем состоянии оборудования, по итогам более длительных (несколько недель) наблюдений составляется прогноз изменения ТС ПО и выносятся рекомендации по его обслуживанию. Данный подход реализует **обслуживание по фактическому состоянию** (ОФС) (Predictive or condition-based maintenance), т.е. техническое обслуживание оборудования при обнаружении неполадок в его работе. Такой подход позволяет запланировать ремонт исходя из минимизации издержек [1, 3]. Например, точная центровка валов позволяет повысить средний срок службы подшипников и муфт в 3...8 раз, сократить внеплановые остановки оборудования, возникшие в результате расцентровки, более, чем в 2 раза [4]. Основные причины выхода из строя подшипников (до 90% случаев) могут быть выявлены с помощью системы диагностики и устранены [4]. Обслуживание по регламенту может приводить как ко значительному недоиспользованию ресурса деталей, так и к преждевременным отказам, что обусловлено случайной природой отказов и большим СКО распределения его вероятности [5].

В данной работе рассматривается включение системы диагностики оборудования в экосистему предприятия Индустрии 4.0. Тем самым достигается несколько целей:

- Стандартизация и возможность включения в единую систему разрозненных устройств телеметрии и контроля;
- Масштабируемость системы: достаточно просто организовать обработку и хранение данных с новой единицы оборудования или добавить в систему дополнительные вычислительные мощности;
- Отслеживание состояния оборудования и оперативное получение рекомендаций; простота доступа к любой информации о любой единице оборудования;
- Возможность использования рекомендаций в системах управления предприятием, например, запланировать замену элемента оборудования опираясь на его оцененный остаточный срок полезного использования.

Интеграция компонентов FIWARE в систему диагностики оборудования

Индустрия 4.0 открывает возможность разрабатывать промышленные системы, способные синхронизировать в реальном времени информацию с реальных устройств и данные в киберпространстве. Основные преимущества - непрерывный и удалённый контроль, возможность полной автоматизации [6]. Однако, люди не вытесняются полностью из производства - они остаются в области принятия решений [6].

Для организации сбора данных и хранения результата, а также интеграции с системами автоматизированного управления предприятием, предложено включить компоненты FIWARE в систему диагностики промышленного оборудования. FIWARE - это программная платформа с открытым исходным кодом, представляющий собой унифицированный набор стандартов и программных решений для управления потоками данных, облегчающие создание интеллектуальных систем [7]. Традиционный подход состоит в использовании “озёр данных”. Это системы хранения данных, соединённые со множеством баз данных и индексирующие их содержимое в соответствии с разнообразными целями и приложениями. Каждая система, интегрированная с озером данных, требует построения уникального ПО в качестве адаптера. “Озеро данных” требует регулярной очистки от информации, утратившей актуальность. Более совершенный подход к организации сбора, хранения и доступа к информации состоит в наличии брокера контекста (англ. Context Broker, КБ) [8]. Контекст в данном случае - любая актуальная информация о некоторых сущностях - любые их свойства (температура, местоположение, состояние и т.п.) и соотношения с другими сущностями.

КБ является посредником между множеством источников и получателей данных. Каждый источник данных регистрируется как некоторая сущность в общей базе данных. Данные, создаваемые каждым источником, поступают в КБ вместе с соответствующими метаданными с запросом на обновление виртуальной сущности. Метаданные содержат информацию об объекте (например, расположение датчика), временные отметки, информацию о состоянии объекта или его изменении. Потребитель же сначала должен открыть существующие источники данных, сделав соответствующий запрос, содержащий условия, которым должен удовлетворять источник. Далее он может запросить данные некоторого выбранного источника, подписаться на уведомления о его обновлении. Возможные схемы организации обмена информацией приведены на рис. 1 [8]. Для небольших систем более подходящей является централизованная архитектура - рис. 1.а). Здесь один центральный КБ полностью отвечает за весь обмен данными. Для географически распределённых систем лучше подходит распределённая архитектура - рис. 1.б). Отличие данной архитектуры в том, что некоторые операции, в частности передача данных от источника к получателю, происходит минуя централизованное хранилище, которое используется только для хранения метаданных.

Плюсы интеграции при помощи КБ [8]:

- 1) Гибкая система запросов и поиска информации; поддержка встроенных запросов (часто используемых) и неограниченных объединённых систем.
- 2) Позволяет загружать и получать всю метаданную - период валидности, геолокацию и т.п.
- 3) Масштабируемое решение для соединения разнородных ресурсов; дружественный к разработчикам.
- 4) Все данные организованы как data graph и легко связываются друг с другом.

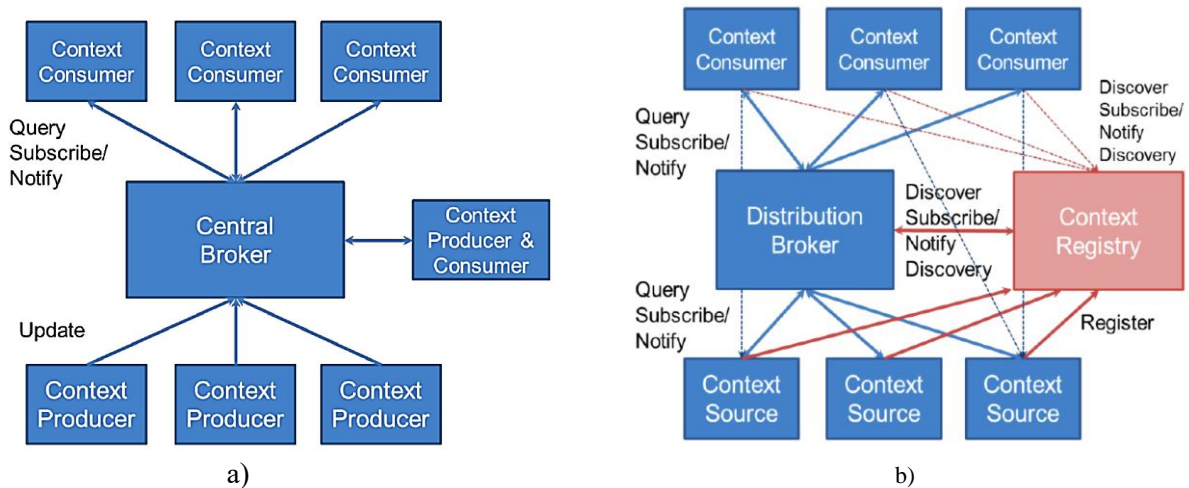


Рис. 1. Архитектуры системы интеграции, основанные на контекст-брокере:
 а) централизованная; б) распределённая архитектура

В отличие от озёр данных, система не требует обязательной очистки данных, т.к. потребитель получает только последнюю информацию, соответствующую его запросу [8].

Ниже (рис. 2) представлена схема предложенной реализации соединения компонентов FIWARE с системой диагностики промышленного оборудования. В результирующей системе источниками информации являются блоки телеметрии, которые снимают сигналы вибрации и отправляют их в хранилище. КБ обновляет соответствующую данному оборудованию виртуальную сущность, содержащую метаинформацию - ссылку на файл, важнейшие статистические показатели вибрации (СКЗ, пик-фактор), обновляет базу данных с предыдущими состояниями агрегата. Интеграция с внешними системами позволяет получать и обрабатывать файлы от сторонних источников, предоставлять другим системам обработки записанные файлы, а также предоставлять результаты обработки системам принятия решений.

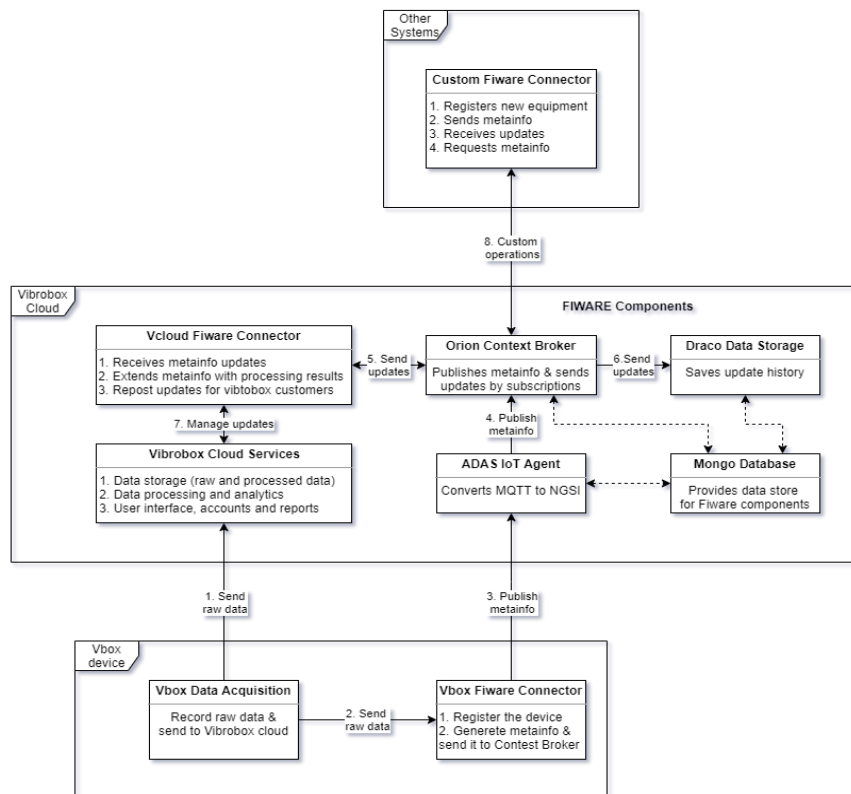


Рис. 2. Схема интеграции компонентов FIWARE в систему диагностики промышленного оборудования

Для включения системы диагностики оборудования в общую экосистему разработан микросервис Vbox FIWARE Connector (Vbox-fc), который разворачивается на платформе модуля телеметрии, получает и публикует метаданные в формате, специфицированном FIWARE. На облачном сервере в виртуальной среде, созданной в контейнере Docker, запускаются микросервисы FIWARE. Запросы на регистрацию новой сущности или обновление метаданных поступают сначала на IoTA конвертер, преобразующий MQTT запрос в принятый в FIWARE NGSI запрос, после чего мета публикуется в КБ, реализованном в микросервисе Orion Context Broker (CBroker).

CBroker отправляет уведомления сервисам-подписчикам - Draco (микросервис, сохраняющий историю обновлений в базе данных Mongo Database) и Vcloud FIWARE Connector (Vcloud-fc).

Vcloud-fc - микросервис, разработанный для отправки разработанный для отправки принятой метаданных обработчику (Vcloud) для вычислений. Дополнительно может запускаться телеграм-бот и разработанный микросервис VibroBox bot (Vbot), который получает обновления от КБ и отправляет информацию об обновлениях через бота.

Разработанные компоненты доступны в репозитории Github [9] в месте с документацией и инструкциями по развёртке и запуску системы. Ниже представлены результаты работы системы в ходе эксперимента. На рис. 3 (а) показана развёртка микросервисов в контейнере Docker, на рисунке 3 (б) продемонстрирована успешная отправка уведомлений через бота. Развёртка системы была проверена под управлением ОС Windows 10 и Linux Ubuntu 18.

Результаты

В рамках выполнения гранта MIDIN был проведен эксперимент на объекте энергетики - водяном насосе на ТЭЦ. Эффективность использования компонентов FIWARE для соединения внешней системы телеметрии с системой автоматизированной диагностики оценена по четырем ключевыми показателями эффективности (Key Performance Indicators, KPI):

1. Метаданные сигналов телеметрии успешно передаются от регистрирующих устройств через компоненты FIWARE на платформу VibroBox;
2. Время развёртки автоматизированной системы диагностики для нового типа оборудования от момента установки датчиков до момента готовности системы к использованию - менее 14 дней, включая самообучение и подстройку системы;
3. Время масштабирования для оборудования схожего типа, кинематическая схема которого уже имеется в системе - менее 5 дней;
4. По результатам испытаний получена предварительная оценка величины снижения простоев оборудования на предприятии на 10%.

Автоматизированное предприятие Индустрии 4.0 может управляться автоматически, адаптируясь к меняющимся условиям, в том числе ТС ПО [6]. Планируется разработать модели управления предприятием, которые учитывают необходимость обслуживания и текущее состояние ПО.

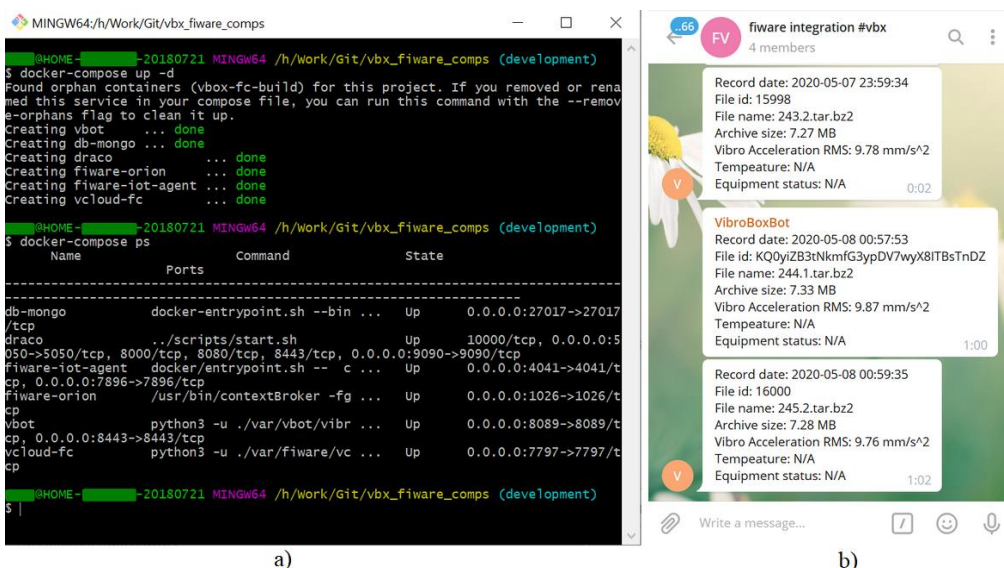


Рис. 3. Демонстрация работы системы: а) запуск компонентов в виртуальной среде; б) уведомления об обновлениях, получаемые посредством бота

В настоящее время существуют вероятностные описания выхода из строя узлов оборудования, модели функционирования предприятия с учётом его загрузки и особенностей техпроцесса. Загрузкой оборудования и формой организации техпроцесса определяются издержки, возникшие в результате простоя в каждый момент времени. Например, остановка некоторой единицы оборудования может привести к простоям всего цеха, неожиданные остановки в моменты, когда предприятие загружено, могут привести к задержкам в поставках и штрафам. С учётом расширенных моделей функционирования предприятия при помощи автоматизированных систем управления и диагностики возможно минимизировать издержки, возникающие вследствие неисправностей оборудования.

Выводы

Предложен вариант интеграции системы диагностики оборудования с компонентами FIWARE для включения в экосистему управления предприятием Индустрии 4.0. Показана высокая масштабируемость решения, возможность объединения с другими системами диагностики и телеметрии. Предложено направление развития экосистемы управления предприятием.

Список использованных источников

1. Ширман, А. Р. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования / А. Р. Ширман, А. Б. Соловьёв. – М. : Наука, 1996. – 276 с.
2. Генкин, М. Д. Виброакустическая диагностика машин и механизмов / М. Д. Генкин, А. Г. Соколова. – М. : Машиностроение, 1987. – 288 с.
3. Scheffer, C. Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance / C. Scheffer, P. Girdhar. – Elsevier, 2004. – 263 p.
4. Абрамов, И. Л. Вибродиагностика энергетического оборудования / И. Л. Абрамов. – Кемерово : КузГТУ, 2011. – 81 с.
5. Вибродиагностика: Моногр. / Е.З. Мадорский [и др.]; ред. Г. Ш Розенберг. – СПб : ПЭИПК, 2003. – 284 с.
6. Kamaludin, N. Cyber Physical System in the industry / N. Kamaludin, B. Mulyanti // IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. – 2020. – Т. 830. – Р. 8.
7. Developers [Electronic resource] / FIWARE. – Mode of access: <https://www.fiware.org/developers/>. – Date of access: 11.10.2020.
8. NGS-LD API: for Context Information Management / D. Bees [и др.].
9. Tsurko, A. V. VibroBox/fiware_components / A. V. Tsurko, D. Kechik. – VibroBox, 2020.