

ЭФФЕКТИВНОСТЬ НА ОСНОВЕ АНАЛИТИКИ И ПРОЗРАЧНОСТИ ДАННЫХ: ПРИМЕНЕНИЕ IoT-ПЛАТФОРМЫ MINDSPHERE

ДМИТРИЙ СОКОЛОВ
СЕРГЕЙ СОЛОВЬЕВ, К. Т. Н.

Операционная система «Интернета вещей» MindSphere, представленная компанией «Сименс» на российском рынке в 2018 г., продолжает активно развиваться. Расширяется опыт применения данной системы в различных задачах, сценариях использования и моделях бизнеса. Настоящая статья посвящена обзору развития архитектуры и новых возможностей MindSphere, имеющих приложения, доступных способов соединения локальной и облачной инфраструктуры, а также эффектов, которые дает построение замкнутого контура производства и эксплуатации на базе сервисов этой платформы.

Цифровая трансформация промышленных предприятий, ставшая актуальной для всех компаний, не желающих оказаться в аутсайдерах рынка, невозможна без использования технологий промышленного «Интернета вещей» (IIoT), которые обеспечивают сбор, анализ и визуализацию данных по продуктам, системам, машинам и заводам. Объединяя данные от физических устройств и корпоративных ИТ-систем, компании могут полу-

чить беспрецедентный уровень прозрачности и контроля над всеми активами и процессами.

Однако промышленные компании, предпринимая собственные IIoT-инициативы, сталкиваются с трудностями создания необходимой ИТ-инфраструктуры, унификации систем подключения, формирования моделей данных, обеспечения безопасности и соответствия стандартам, быстрой разработки аналитических моделей и приложений на их основе.

Им на помощь приходят платформенный подход к созданию IIoT-систем и облачные технологии.

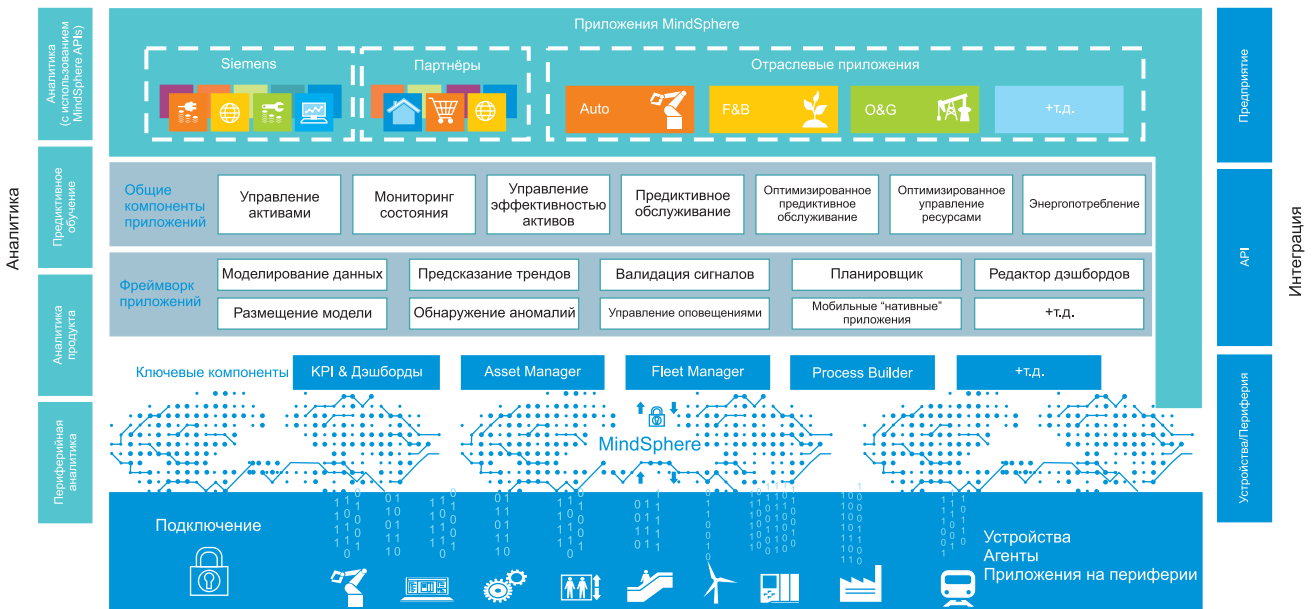
MINDSPHERE КАК ОСНОВА ДЛЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Осознание необходимости в создании универсальной IIoT-платформы появилось в рамках концерна «Сименс» довольно давно. В результате объединения широкого опыта в различных отраслях промышленности и экспертизы в области разработки ПО родилась платформа MindSphere — открытая облачная операционная система «Интернета вещей», которая обеспечивает возможность интеграции физических активов, корпоративных и облачных ИТ-систем в единую цифровую среду. Благодаря этому MindSphere позволяет связать цифровые двойники продукта, производства и эксплуатации с реальным миром, замыкая цепочки создания ценности через постоянные инновации в рамках единой киберфизической системы.

Построенная как открытая экосистема, платформа стала доступной заказчикам по всему миру, а начиная с 2018 г. — и заказчикам в России [1, 2]. Уже появились первые проекты внедрения технологий IIoT на ее основе. Услуги платформы предоставляются из все большего числа различных



РИС. 1. ► Многоотраслевая экспертиза подразделений «Сименс» в решениях IIoT



облачных инфраструктур, расширяются сценарии ее использования. Благодаря открытости и вовлечению не только предприятий концерна «Сименс», но и его партнеров (на текущий момент их более 200), MindSphere активно развивается и наполняется приложениями и новыми технологиями аналитики (рис. 1).

ОБЗОР АРХИТЕКТУРЫ MINDSPHERE

Чтобы обеспечить эффективную работу и развитие платформы MindSphere, компания «Сименс» создала многоуровневую федеративную архитектуру (рис. 2), которая призвана поддерживать непрерывную связь между уровнем подключения (Connectivity) и уровнем приложений (MindSphere applications) через слой ядра и аналитических инструментов (Core components).

Платформа предоставляется заказчику как облачная услуга по модели PaaS (Platform-as-a-Service). Ядро, аналитические инструменты, хранилище данных и приложения размещаются в высокомасштабируемых защищенных дата-центрах таких мировых облачных провайдеров, как Amazon Web Services (AWS) и Microsoft Azure. Для крупных компаний, строящих собственную облачную инфраструктуру (Private Cloud), доступно решение MindSphere On-premise, которое

позволяет разместить платформу в дата-центре заказчика без потерь в функциональности.

Множество программных и аппаратных средств сопряжения MindConnect дает возможность подключать к платформе MindSphere любые физические устройства (как производства «Сименс», так и других компаний), облачные и корпоративные ИТ-системы. Средства обеспечения информационной безопасности, встроенные в MindSphere, соответствуют отраслевым стандартам.

Архитектура платформы устроена таким образом, чтобы позволить заказчикам и партнерам быстро разрабатывать и запускать в эксплуатацию собственные приложения и решения, а также контролировать их работу без значительных усилий по созданию собственной инфраструктуры и сложных, быстро устаревающих программных стеков. Архитектура ядра платформы на основе микросервисов обеспечивает интерфейсы прикладного программирования (Application Programming Interface, API), которые можно использовать в самых разных комбинациях для создания приложений и функций, отвечающих потребностям конкретной отрасли.

Также MindSphere включает готовые компоненты — например, компонент по управлению парком обо-

рудования Fleet Manager, который позволяет наблюдать за состоянием и параметрами любой совокупности подключенных систем, проводить первичный анализ данных и поиск аномалий, задавать базовые правила реагирования на события. Гибкие возможности поиска и определения локации устройств помогают держать под контролем большое количество географически распределенных объектов, которые могут принадлежать различным подразделениям компании или ее заказчикам.

Благодаря быстрому доступу к данным для всех компонентов, работающих на платформе, можно объединять текущие и исторические данные, делать прогнозы и быстро превращать данные в бизнес-идеи. Так, инструментарий Visual Flow Creator предоставляет возможность обрабатывать входящие данные, используя встроенные аналитические и прогностические сервисы платформы, для быстрого создания новых IoT-решений с помощью визуального графического «конструктора».

СТРАТЕГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ

Стратегия работы MindSphere с данными заключается в том, чтобы предоставлять компаниям экономически эффективные возможности использования данных, полученных от каждого подключенного устройства.

РИС. 2. ▲ Многоуровневая федеративная архитектура платформы MindSphere



В рамках этой стратегии можно выделить две ключевые цели:

- поддержка процессов сбора, интеграции и управления данными на основе гибких рабочих процессов (workflow), поддерживаемых функционально продвинутыми, но простыми в использовании инструментами, такими как Visual Flow Creator и Visual Explorer;
- предоставление масштабируемого и безопасного слоя хранения промышленного данных для последующего доступа к ним аналитических приложений и сервисов через API.

Чтобы достичь этих целей, MindSphere обеспечивает:

- бесшовное хранение и архивирование больших объемов потоковых и промышленных данных в облаке (публичном или частном);
- использование и масштабирование готовых компонентов подключения и периферийной обработки данных (Edge Computing) на любой базовой инфраструктурной платформе;
- встроенные подсистемы по извлечению, преобразованию, загрузке данных (ETL) для облегчения сбора и нормализации данных из многих источников по различным протоколам;
- гибкие API, которые позволяют создавать собственные приложения, использующие развитую аналитическую функциональность и отраслевые ноу-хау для решения прикладных задач.

Таким образом, платформа MindSphere обладает двумя ключевыми особенностями в области управления данными:

- аналитика больших данных и IoT-данных реализована в рамках единой платформы;
- встроенные интеллектуальные алгоритмы хранения и агрегирования снижают общую стоимость владения (TCO) большими объемами данных.

Платформа MindSphere использует концепцию федеративного озера данных (data lake) для управления данными. Оно хранит большое количество сырых IoT-данных из множества источников и данных из сторонних ИТ-систем, пока они не потребуются. Приложения или сервисы, работающие на платформе, могут использовать эти данные через API и увязывать их с бизнес-контекстом, содержа-

щимся в любом другом виде данных из озера, например в данных ERP- и CRM-систем. В пространстве хранения каждого заказчика (tenant) MindSphere наборы данных распределяются по группам: сырые, подготовленные и обработанные данные, а также результаты их аналитики.

Озеро данных может использоваться как механизм обмена данными через платформу для применения в любой авторизованной ИТ-службе или системе предприятия. Безопасность данных и доступ к ним контролируются внутренними механизмами аутентификации и авторизации под управлением единого решения идентификации и управления доступом IAM (Identity and Access Management). С помощью этих сервисов пользователь может выбирать, какие данные будут доступны тем или иным приложениям и сервисам на платформе. Данные, хранящиеся внутри озера данных, могут быть зашифрованы.

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ПЛАТФОРМЫ

Стратегия поддержки разработки и управления приложениями MindSphere нацелена на предоставление разработчикам API-интерфейсов и различных услуг для быстрого создания, тестирования и промышленной эксплуатации приложений на MindSphere.

MindSphere как платформа для работы приложений основана на программном слое с открытым исходным кодом Cloud Foundry, который обеспечивает быстрый и простой способ для разработчиков создавать новые приложения с использованием вспомогательных сервисов MindSphere: очереди сообщений, распределенное кэширование, реляционные СУБД, хранилища документов и файлов, которые можно легко интегрировать в приложения через API.

Помимо широкого набора API для разработки приложений, разработчикам доступны все пакеты сборки приложений, обеспечиваемые слоем Cloud Foundry, с поддержкой таких языков и сред программирования, как Java, NodeJS, Python, PHP, .NET, Go и Ruby.

В целях облегчения отладки и тестирования приложений и управления ими MindSphere предоставляет специальные среды в облаке в рамках концепции непрерывного совершенствования ПО (DevOps), постоянной интеграции

и доставки приложений (CI/CD), снижающие затраты на разработку уникальных IoT-решений. MindSphere предлагает плагины для распространенных сред разработки, таких как IntelliJ и Eclipse, а также комплекты разработчика, например MindSphere Java SDK. Это делает разработку и интеграцию приложений в MindSphere более простой и быстрой.

Разработчикам MindSphere доступны десятки API, такие как управление активами, управление событиями, процессы обработки данных, сервисы уведомления и доставки контекста. Примеры аналитических API включают предсказание трендов, обработку сигналов, вычисление KPI, поиск аномалий и анализ событий.

Приложения для MindSphere могут разрабатываться несколькими способами. Самый простой — разработка приложения в настольной среде (например, Eclipse), его развертывание и тестирование через инструменты Cloud Foundry, встроенные в платформу. С начала этого года MindSphere поддерживает приложения, разработанные в облачной среде быстрой разработки (low-code development) Mendix. Они регистрируются в диспетчере приложений (Developer Cockpit). Затем, после тщательной проверки, эти приложения становятся доступными конечному заказчику через шлюз оператора приложения (Operator Cockpit) в магазине MindSphere Store.

ГОТОВЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Приведем краткий обзор некоторых доступных приложений MindSphere.

Приложение Product Intelligence предоставляет возможность поиска и анализа миллиардов IoT-событий в контексте данных о поставщиках, производителях и клиентах за считанные секунды. Таким образом, система дает полное представление обо всей цепочке создания стоимости. Приложение автоматически анализирует данные о работе продукта для интеллектуального принятия решений об оптимизации производства, поставок, продаж. Это стало возможным за счет связывания источников больших данных, таких как системы класса PLM, ERP, MES, QMS, CRM, а также IoT-данных в единый аналитический центр.

Приложение Manage MyMachines обеспечивает контроль использования и производительности станков

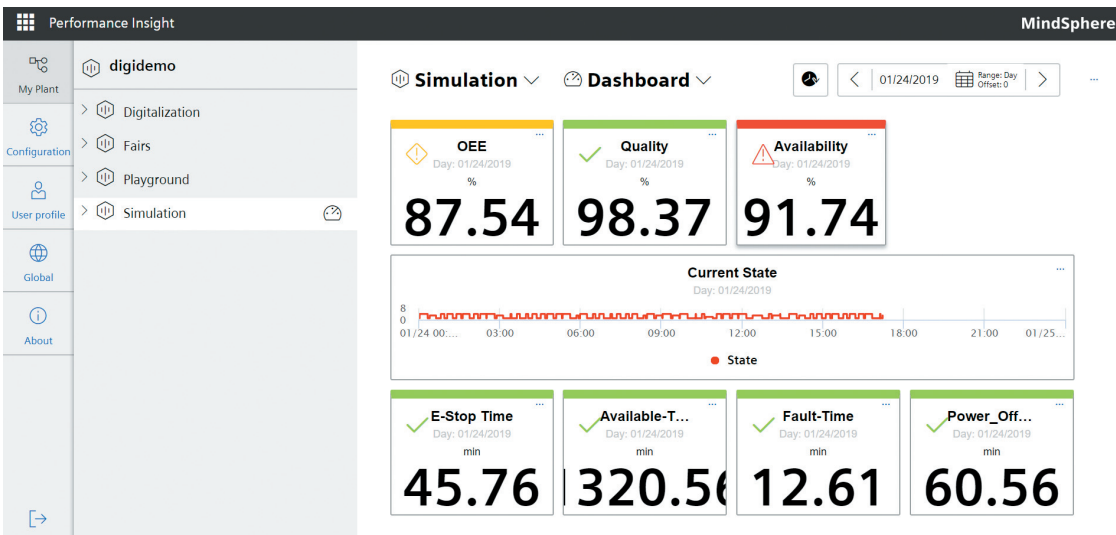


РИС. 3. ◀
Пример экрана приложения Simatic Performance Insight

с системами ЧПУ, а также параметров их эксплуатации, что позволяет сократить расходы, улучшить обслуживание оборудования и снизить расходы на простои и ремонт. Приложение позволяет контролировать станки в рамках отдельного участка, производственной площадки или распределенной группы предприятий.

Семейство приложений Simatic MindApps предназначено для анализа производительности и мониторинга производственных процессов и линий, оснащенных системами автоматизации на основе контроллеров SIMATIC:

- Performance Insight (рис. 3) анализирует производительность, вычисляет и отображает отдельные KPI

систем и установок, которые могут быть распределены по всему миру. Приложение позволяет легко найти потенциал оптимизации производительности и увеличить время непрерывной работы систем.

- Notifier может выводить уведомления и основные KPI работы распределенных производственных линий как на рабочий компьютер, так и на экран мобильного устройства. Независимо от того, перестал ли работать какой-либо аппарат или заканчивается сырье, оператор немедленно получит необходимую информацию на свой смартфон.
- Machine Insight обеспечивает контроль производительности, состояния и исправности оборудования,

а также доступ к диагностическим данным систем SIMATIC и SINAMICS, что облегчает анализ причин и предотвращение сбоев. Благодаря углубленному анализу данных от компонентов, машин и целых линий приложение также позволяет найти новые точки оптимизации процессов.

- Energy Manager анализирует потребление энергии автоматизированными линиями в соответствии со стандартом ISO 50001. Связывание данных с внешней информацией, такой как прогнозы погоды, позволяет планировать и оптимизировать энергозатраты.
- Machine Monitor (рис. 4) контролирует рабочее состояние машин

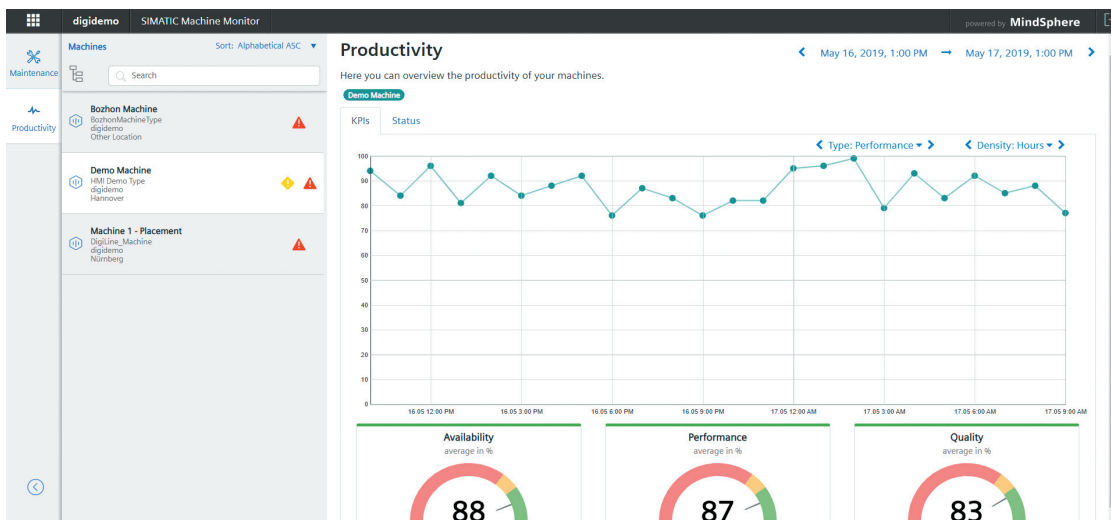
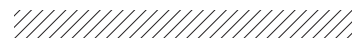


РИС. 4. ◀
Приложение Simatic Machine Monitor



с помощью индикаторов производительности, статусов фактического состояния машин, аварийных событий и счетчиков выпуска продукции. Приложение не только предоставляет информацию о производительности и доступности, но также анализирует интервалы технического обслуживания в целях оптимального планирования сервисных работ.

ВОЗМОЖНОСТИ И СЕРВИСЫ ПЛАТФОРМЫ

Сервисы платформы MindSphere разделены на две категории: сервисы ядра платформы (Core Services) и расширенные сервисы (Advanced Services).

Сервисы ядра платформы поддерживают такие функциональные возможности, как:

- управление пространствами арендаторов (tenants);
- управление пользователями;
- аутентификация и авторизация на основе стандартов, включая поддержку OAuth;
- сервисы для моделирования данных и создания сущностей;
- обмен сообщениями;
- измерение и отслеживание использования ресурсов.

Расширенные сервисы предоставляют дополнительную функциональность для реализации IoT-решений, управления данными, аналитики и интеграции сторонних систем, например:

- управление объектами (активами) IoT, включая их типизацию, ранжирование и идентификацию;
- управление инфраструктурой, которая поддерживает картографирование, дополнительные свойства или атрибуты активов;
- службы событий, которые обеспечивают управление событиями и их обработку.

Сервисы IoT предоставляют возможности сбора, хранения и выборки данных временных рядов от промышленных устройств. Эти службы разработаны для высокопроизводительной обработки данных от большого количества устройств, агентов и подключений, управления жизненным циклом данных, оптимальных практик и методов их хранения.

Аналитические сервисы предоставляют базовый инструментарий для извлечения бизнес-ценности из промышленных данных. Напри-

мер, сервис обнаружения трендов может выполнять вычисления для единичных и множественных временных рядов, включая алгебраические и статистические методы. Кроме того, сервисы продвинутой аналитики включают возможности сложных вычислений и машинного обучения на данных. Эти сервисные компоненты могут быть объединены, чтобы создавать аналитические конвейеры и процессы.

ПЕРИФЕРИЙНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

MindSphere позволяет воспользоваться преимуществами как облачных, так и периферийных вычислений (Edge Computing) путем развертывания ПО на периферийных устройствах и шлюзах. Это обеспечивает расширенную аналитику и интеллектуальность в непосредственной близости от оборудования, включая возможность обработки высокочастотных сигналов. Такая комбинация позволяет предложить различные варианты использования IoT в целях описательной, диагностической, прогностической и предписывающей аналитики.

Конечно, периферийным и облачным сервисам необходимо работать согласованно как с инженерной, так и с вычислительной точки зрения. Комплексный подход MindSphere к периферийным вычислениям комбинирует облачные службы поддержки таких вычислений и модульную среду их выполнения на местах подключения. Такой подход обеспечивает прозрачную интеграцию облачных сервисов с платформами автоматизации и установленной базой устройств, например ПЛК SIMATIC, системами ЧПУ SINUMERIK, устройствами релейной защиты и автоматики SIPROTEC, а также системами управления отоплением, вентиляции и кондиционирования (HVAC) Climatix.

ИНТЕГРАЦИЯ ЛОКАЛЬНОЙ И ОБЛАЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Чтобы сделать возможным анализ исторических, операционных и эксплуатационных промышленных данных на облачной платформе, необходимо обеспечить максимально широкие возможности для подключения разнообразного оборудования и источников данных. Для решения

этой задачи в MindSphere доступны специальные аппаратные и программные решения MindConnect.

Подключение слоя MindConnect к облаку MindSphere обеспечивается использованием безопасного протокола HTTPS/TLS с ключом шифрования длиной 256 бит. На стороне аппаратных устройств и локальной сети поддерживается широкий ряд протоколов, таких как S7, OPC UA, Modbus, LoRaWAN, CoAP, XMPP, 6LowPan, LWM2M, AMQP и др. В частности, поддержка стандартного протокола OPC UA позволяет подключить к системе огромную номенклатуру современного промышленного оборудования.

Помимо устройств MindConnect, можно использовать агенты подключения, уже встроенные в продукты и решения «Сименс». Например, для ПЛК серии SIMATIC S7-1500 доступен функциональный блок связи с MindSphere, входящий в состав системы программирования TIA Portal. Современные модули ЧПУ, такие как Sinumerik 840D sl, также содержат готовый программный агент для передачи данных в MindSphere. Аппаратные модули Simotics IQ собирают основные параметры работы электродвигателей (уровень вибрации, температура, частота вращения) и передают эти данные в MindSphere с использованием Wi-Fi. Интеллектуальное сетевое устройство Ruggedcom RX1400 позволяет подключать к MindSphere целые сегменты производственной инфраструктуры.

Для подключения к MindSphere устройств, не поддерживающих стандартные промышленные протоколы, можно использовать готовую библиотеку с открытым исходным кодом MindConnect Lib. Это решение позволяет встраивать программные агенты передачи данных практически в любое оборудование, оснащенное микропроцессором и интерфейсом сопряжения. Разработанная на языке программирования ANSI C, библиотека MindConnect Lib не требует значительных аппаратных ресурсов и может быть использована в любой операционной системе.

Дополнительно, для расширения числа протоколов и устройств, подключаемых к MindSphere, можно применить готовые интерфейсы MindConnect IoT Extension, которые поддерживают большое число про-

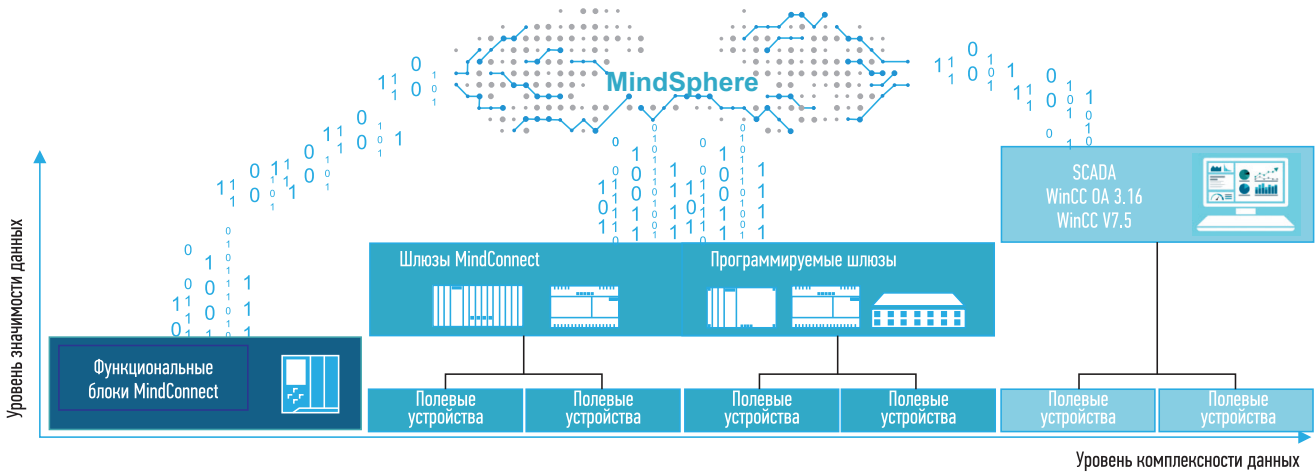


РИС. 5. ▲
Способы интеграции с MindSphere полевого оборудования

токолов передачи данных, например MQTT, SmartRest, Modbus RTU/TCP, CAN-bus, MMC, SPI, McASP и др.

Интерфейсы MindConnect Integration обеспечивают связь как с облачными, так и с локальными ИТ-системами предприятия. Постоянно расширяющийся список готовых коннекторов включает десятки наименований различных систем и корпоративных приложений класса ERP, CRM, PLM, MES/MOM, SCADA, QMS и др.

SCADA-СИСТЕМЫ КАК ПОСТАВЩИКИ АГРЕГИРОВАННЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОБРАБОТКИ В MINDSPHERE

Одним из источников данных для обработки в MindSphere могут быть SCADA-системы, в частности системы, построенные на базе платформы SIMATIC WinCC Open Architecture (WinCC OA). Такие системы способны поставлять исходные или агрегированные данные технологического процесса непосредственно на уровень федеративного озера данных MindSphere для их дальнейшей обработки и хранения.

Технически возможность интеграции MindSphere и WinCC OA обеспечивается специальным функциональным компонентом WinCC OA — коннектором MindSphere Connector.

WinCC OA MindSphere Connector предоставляет следующие функции:

- возможность конфигурирования элементов связи с MindSphere с помощью мастера;

- возможность выбора параметров технологического процесса для осуществления трансфера требуемых данных;
- автоматическое формирование пакетов данных для соответствия требованиям к размеру передаваемых сообщений.

Использование SCADA-системы не только для решения локальных задач мониторинга, контроля и управления на уровне отдельных единиц оборудования, цеха или производства в целом, но и для предоставления данных в систему MindSphere позволяет совместить преимущества локального и облачного подхода к обработке данных. Такая интеграция позволяет, во-первых, задействовать уже внедренную инфраструктуру сбора данных, а во-вторых, направлять в MindSphere для последующей аналитической обработки агрегированные данные, характеризующие различные аспекты производства и инфраструктуры в виде вектора состояния. Данный вариант дополняет рассмотренные выше способы интеграции с MindSphere на уровне отдельных программных агентов, функциональных блоков или с использованием аппаратных шлюзов сопряжения как наиболее комплексный способ передачи в MindSphere в том числе данных высокого уровня значимости (рис. 5).

ЗАМКНУТЫЙ КОНТУР ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ

Перспективным направлением использования цифровых техноло-

гий является внедрение концепции непрерывного совершенствования продукции и процессов производства на протяжении всего жизненного цикла на основе знаний, полученных во время эксплуатации изделий и производственных систем. Это становится возможным за счет реализации замкнутого контура связи цифровых двойников продукта, производства, эксплуатации с реальным производством и продуктом.

Цифровой двойник — виртуальная модель, которая представляет продукт или процесс производства. Непрерывное обновление и совершенствование цифровых двойников на основе данных, собранных в реальных условиях производства и эксплуатации, позволяет ускорить разработку новых изделий, оптимизировать производственные процессы, быстро внедрить улучшения в продукцию в следующем производственном цикле (рис. 6).

Цифровые двойники могут быть также инструментами предсказательной аналитики, позволяющей прогнозировать эксплуатационные характеристики продукции и производственных систем. При этом синхронизация и обновление самих цифровых двойников за счет использования данных реального производства и продукта может длиться в течение всего времени проектирования, изготовления, эксплуатации и внесения изменений в продукт, вплоть до окончания срока службы физического оригинала.

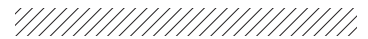


РИС. 6. ▲
Замкнутый контур
производства
и эксплуатации

MINDSPHERE УСКОРЯЕТ ЦИФРОВИЗАЦИЮ

С использованием промышленных IoT-платформ, таких как MindSphere, цифровую трансформацию можно осуществить эволюционным путем, без риска нарушения или остановки важных процессов. Облачные технологии и платформенный подход позволят создавать интеллектуаль-

ные IoT-решения в более короткие сроки и с минимальными затратами. Объединение IoT-данных от физических активов и бизнес-приложений на одной платформе помогает снизить затраты, улучшить качество продукции, выйти на новый уровень эффективности и производительности, а также сократить время ответа на запросы клиентов и требования рынка. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов Д. И., Соловьев С. Ю. Роль открытой операционной системы IIoT MindSphere в цифровой трансформации промышленных предприятий // Автоматизация в промышленности. 2018. № 7.
2. Соколов Д. И., Соловьев С. Ю. Контроль и мониторинг промышленного оборудования с использованием платформы MindSphere компании Siemens // ИСУП. 2018. № 4 (76).