

Облачная архитектура Yokogawa

для интеллектуального производства



В статье раскрыты такие понятия, как цифровая трансформация (ЦТ), интеллектуальное производство и цифровая архитектура предприятия. Представлены основные элементы архитектуры ЦТ компании Yokogawa, включающей шесть уровней, начиная с производственного цеха, и соединяющей существующие производственные активы с соответствующими ИТ-активами.

000 «Иокогава Электрик СНГ», г. Москва

Введение

Цифровая трансформация (ЦТ) – это применение цифровых решений и информационно-коммуникационных технологий к персоналу, процессам и системам организаций в целях радикальной реорганизации и оптимизации бизнес-процессов. Суть этого подхода заключается в использовании данных из различных источников и соответствующих алгоритмов для принятия продуманных и обоснованных решений. Операционные технологии (ОТ) охватывают все производственные активы, в то время как информационные технологии (ИТ) относятся к отдельным системам, управляющим бизнес-процессами предприятия. Объединив данные этих двух источников, можно получить новые

идеи. Для большинства существующих предприятий реализация трансформационных проектов без учета существующего оборудования, программного обеспечения и бизнес-процессов, а также рабочей силы представляет собой большую проблему.

Согласно определению, данному Коалицией лидеров интеллектуального производства (SMIC), интеллектуальное производство – это «интенсивное применение передовых интеллектуальных систем для обеспечения ускоренного производства новых продуктов, динамичного реагирования на спрос и оптимизации производственных процессов и цепочек поставок в режиме реального времени» [1].

Конечной целью многих инициатив в области интеллектуального про-

изводства является переход от автоматизации к автономизации, то есть создание автономных производств.

Компания Yokogawa назвала этот процесс «переход от промышленной автоматизации к промышленной автономии» [2].

Ключевым фактором, определяющим успех ЦТ и инициатив в области интеллектуального производства, является цифровая архитектура предприятия¹, охватывающая комплекс применяемых технологий во взаимодействии с существующими системами

¹ Термины «цифровая архитектура», «цифровая архитектура предприятия», «архитектура ЦТ», «архитектура ЦТ компании Yokogawa для интеллектуального производства» и «облачная архитектура компании Yokogawa» являются взаимозаменяемыми в рамках данного документа. – Прим. автора.



Рис. 1. Шесть уровней архитектуры цифровой трансформации (ЦТ)

и бизнес-процессами. В основе этой архитектуры лежит набор платформ для предоставления различных многократно используемых служб, который объединяет различные компоненты решения. Набор платформ разработан в инфраструктурно-облачно-агностическом ключе, что обеспечивает поддержку приложений и способствует быстрому и эффективному предоставлению необходимых программ в качестве услуги для наших клиентов.

Архитектура ЦТ охватывает весь процесс создания ценности – от первичного сбора данных до поставки конечного продукта – с помощью различных прикладных программ и расширенных предложений. На рис. 1 представлена блок-схема архитектуры ЦТ, включающей шесть уровней, начиная с производственного цеха, и соединяющей существующие производственные активы с соответствующими ИТ-активами. На верхнем уровне находятся расширенные предложения, в рамках которых и через такие услуги, как консалтинг, инжиниринг, системная интеграция и поддержка, созданные на предприятии ценности доносятся до клиента. Четыре промежуточных уровня – пограничные устройства, вычислительная инфраструктура (IaaS), платформа (PaaS) и приложения (Apps) – это ключевые технологические элементы, через ко-

торые может быть реализована ЦТ. Обратите внимание, что проиллюстрированная выше схема отличается от пирамиды ISA95 или пирамиды Пердью.

Архитектура ЦТ компании Yokogawa

Архитектура ЦТ компании Yokogawa основана на применении многоуровневого подхода, близкого к типичной шестиуровневой модели стратегии ЦТ, что проиллюстрировано на рис. 1. Структура облака Yokogawa показана на рис. 2. Верхний уровень – расширенные предложения – не показан, поскольку он в большей степени относится к бизнес-процессам, связанным с предложениями ЦТ, основанными на оценках опыта того или иного пользователя.

Ниже приводится описание каждого из шести уровней.

Уровень 0: ОТ и ИТ

ОТ-часть состоит из систем, связанных в основном со следующими тремя типами сетей:

- ▶ различные системы в сети управления, такие как распределенные системы управления, программируемые логические контроллеры, удаленные терминальные устройства и системы сбора данных, а также широкий ассортимент полевого оборудования для связи с этими протоколами, вклю-

чая 4–20 мА, HART, FF-H1, ISA100 и Modbus;

- ▶ SCADA, архивы и прочие системы управления в информационной сети предприятия;

- ▶ беспроводные измерительные датчики, передающие данные либо на пограничные устройства (предпочтительно), либо непосредственно в облако данных датчиков, используя такие протоколы, как ISA100, LoRaWAN², Sigfox и другие беспроводные протоколы.

ИТ-системы обычно включают MES, ERP, CRM, PLM, HRMS и др. Большинство из них предоставляют программные интерфейсы (API), основанные на стандартных отраслевых протоколах, которые обеспечивают обмен данными между системами. Упрощенная конфигурация приведена на рис. 2.

Уровень 1: пограничные устройства

Пограничные устройства, то есть устройства, обеспечивающие локаль-

² LoRaWAN[®] является зарегистрированным товарным знаком LoRa Alliance [3]. e-RT3 является зарегистрированным товарным знаком Yokogawa Electric Corporation. Все прочие наименования организаций, торговые названия и логотипы, встречающиеся в настоящем документе, являются (зарегистрированными) товарными знаками Yokogawa Electric Corporation или их соответствующих владельцев.

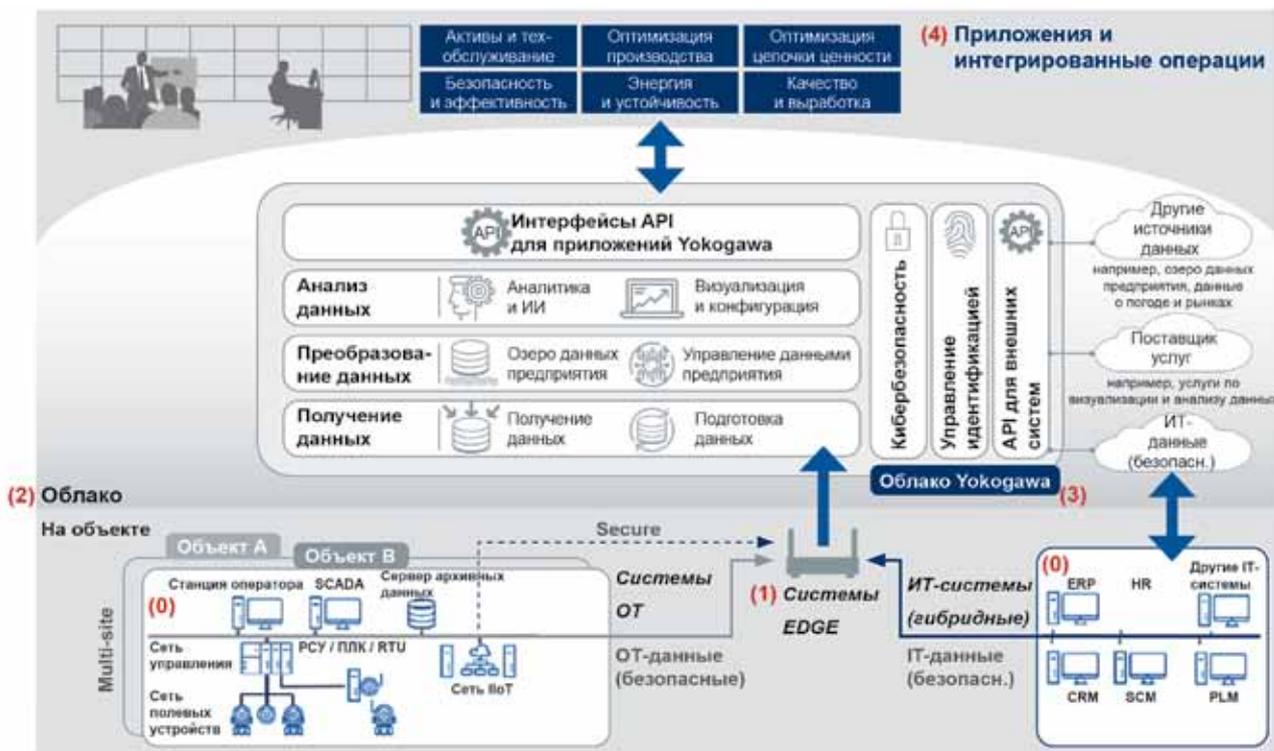


Рис. 2. Облако Yokogawa – архитектура для «интеллектуального» производства

ную обработку данных и вычисления, являются местом слияния ИТ- и ОТ-систем предприятия. Пограничные вычисления — это вычисления, выполняемые в источнике данных или рядом с ним, в отличие от облачных вычислений или вычислений в центрах обработки данных. Пограничные устройства часто воспринимают как «мост» между старой (ОТ) и новой (ИТ) парадигмами, а также между «южной стороной» (производственный цех и ОТ) и «северной стороной» (облако); пограничный контроллер зачастую является безопасной конечной точкой для всех систем производственного цеха. На рис. 3 проиллюстрирована идея унифицированной границы.

В идеале периферия должна предоставлять конечную точку не только для данных процесса, но и для других данных, имеющих отношение к производству, таких как данные об операциях (например, информация о рабочих сменах и данные робототехники) и ИТ-данные (например, планирование и составление графиков).

Одним из отличий периферийной системы от современных распределенных систем является огромное количество вычислительных возможностей, которые она предоставляет для использования неструктурированных данных и искусственного интеллекта (ИИ).

Ключевые соображения при проектировании пограничных устройств включают стратегию чистого ввода данных из существующих или устаревших систем предприятия, предназначенную для того, чтобы производить их анализ и облачные вычисления, не вмешиваясь в рутинные функции. Пограничные устройства представляют собой комбинацию аппаратного и программного обеспечения. Размеры и размещение пограничных устройств также зависят от таких факторов, как задержка, пропускная способность, соображения конфиденциальности и безопасности, а главное — характер самого приложения. Пограничный шлюз или пограничный сервер выполняет две функции. Во-первых, это регулирование потоков информации из ОТ и ИТ низового уровня в центр обработки данных или облако (и наоборот), обеспечение хранения или буферизации данных там, где это необходимо. Во-вторых, обеспечение определенного уровня

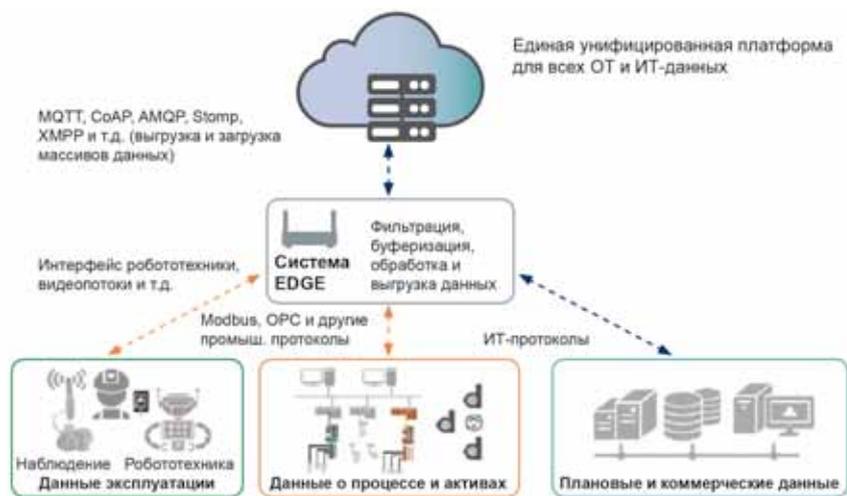


Рис. 3. Yokogawa Edge – единый мост между несколькими парадигмами: ОТ и ИТ, старыми и новыми

интеллектуальной обработки данных, например фильтрация, бизнес-логика, приближенная к алгоритмам машинного самообучения или обучения с переносом опыта (по мере необходимости). Требования к пограничным устройствам часто зависят от вида приложения. Выбор аппаратного обеспечения — от готовых, имеющихся в свободной продаже систем до патентованного оборудования Yokogawa.

Пограничные устройства получают ОТ-данные от технологических систем или сервера архивных данных, используя интерфейсы, соответствующие открытым промышленным стандартам, таким как классический OPC и OPC UA, интерфейсы прямого доступа, поддерживающие множество других стандартных отраслевых протоколов, таких как Modbus, Foundation Fieldbus (FF-H1) и Profibus (в зависимости от ситуации), или другие веб-службы, если они доступны, независимо от физического уровня сети. Для приложений промышленного интернета вещей (IIoT) пограничные устройства также служат брокерами на основе протокола Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) (или протокола ограниченного приложения (CoAP), расширяемого протокола обмена сообщениями и присутствия (XMPP), RESTful HTTP и т.д.) для сбора данных с пограничных устройств, которые выступают в качестве клиентов. Кроме того, эти системы могут выполнять массовую загрузку данных, собранных из различных систем. Предусмотрены также условия использования устройств связи локальных сетей для преобразования

протоколов (как на физическом, так и на информационном уровне) с целью связи ОТ-систем с периферией. Стандартной практикой безопасности является развертывание пограничных серверов в конфигурации DMZ, хотя доступны и другие варианты развертывания пограничных серверов с информационными диодами в сети, которые могут определяться в каждом конкретном случае. Пограничные шлюзы также можно настраивать и управлять ими из внешней сети, такой как облако, на основе политики безопасности организации. В некоторых конфигурациях пограничные устройства могут быть частично расположены требуемым образом в центрах обработки данных клиентов и располагать возможностью переноса некоторых функций из облака на периферию по мере необходимости («масштабируемая периферия»).

Предприятие может состоять из нескольких площадок и, таким образом, иметь несколько ОТ-систем и сетей с описанной выше конфигурацией. Периферия как часть гиперлокальной/гибридной облачной стратегии фокусируется на локальной обработке данных, управлении данными в облаке и из него, контроле, автономных операциях и отказоустойчивости (в случае отключения от облака). Центральное облако подключается к нескольким пограничным устройствам на уровне площадки и больше ориентировано на агрегацию данных (ОТ и ИТ) с нескольких площадок (как показано на рис. 4), приложения, использующие искусственный интеллект и машинное обучение, МО (обучение на материалах одной площадки с последующим



Рис. 4. Периферия и облако: соединение локальных и корпоративных операций

повсеместным размещением и развертыванием), а также интеграцию предприятия со сторонними облачными системами (например, интеграцию партнеров по цепочке поставок).

На рис. 4 показана роль периферии с точки зрения деятельности площадки и предприятия.

Периферийные службы также могут быть расширены на ИТ-системы, когда пропускная способность, обработка в реальном времени, задержка или синхронизация данных ИТ и ОТ рядом с источником являются ключевыми требованиями приложения. Затем периферийная система становится единой конечной точкой как для ОТ-, так и для ИТ-данных, что устраняет необходимость для ИТ-систем, таких как ERP или PLM, устанавливать собственные способы передачи данных в облако.

В этом случае стратегия периферии будет различаться для разных клиентов и их предприятий, а также для разных приложений. Yokogawa использует трехуровневую стратегию периферии в зависимости от приложения:

- ▶ первый уровень – это Edge Gateway (пограничный шлюз), предназначенный для обеспечения безопасной передачи данных из производственного цеха в облако Yokogawa, но с ограниченной поддержкой протокола ОТ. Это программное обеспечение может работать на промышленных компьютерах и оборудовании Yokogawa e-RT3;

- ▶ второй уровень – это Light Edge, который в дополнение к предоставлению всех функций базового уровня также обеспечивает подключение к более широкому списку ОТ-протоколов, а кроме того, буферизацию, фильтрацию, преобразование полезной нагрузки, а также (в некоторой степени) реализацию поддержки ИТ-данных;

- ▶ третий уровень – это Comprehensive Edge (комплексная периферия), который в дополнение ко всем службам первого и второго уровней также обеспечивает активацию приложений, то есть запуск приложений на фоне работы периферии (включая приложения ИИ), оркестрацию приложений, управление устройствами, поддержку робототехники и удаленное проектирование из облака. В настоящее время Yokogawa стандартизирует свою стратегию периферийного программного обеспечения под названием CI Edge, объединяя компоненты сервера совместной информации с компонентами для анализа видео и изображений, предоставляемыми Amnimo, и облачной платформой Yokogawa, описанной в разделе «Уровень 3: PaaS – платформа как услуга».

«Концепция конечного состояния» периферии поддерживает функцию приема как структурированных данных (от датчиков, данных технологического процесса и т.д.), так и неструктурированных данных (видео, изображения, файлы и т.д.). Это гарантирует, что наша периферия сможет обрабатывать и соединять все виды операционных данных (ОТ и ИТ), как показано на рис. 3, между производственным цехом и облаком. Возможность реализовывать приложения ИИ, которые объединяют один или несколько из этих видов данных, откроет новую ценность для клиентов за счет таких приложений, как виртуальные/удаленные работники, интегрированные удаленные операции, роботизированные приложения и так далее, тем самым приближая наших клиентов к реализации промышленной автономии. Применяя распределенное машинное обучение (DML), мы получаем возможность беспрепятственно распределять рабочую нагрузку ИИ между облаком и периферией,

создавая новую парадигму интеллектуального производства.

Уровень 2: IaaS – инфраструктура как услуга

Пограничный сервер отправляет данные в облако, то есть в один или несколько частных центров обработки данных (локальных или внешних) или в общедоступную облачную инфраструктуру, такую как Microsoft Azure, Amazon Web Services (AWS) или Google Cloud Provider (GCP). Yokogawa использует стратегию, не зависящую от облачных вычислений (то есть поддержку нескольких инфраструктур облачных провайдеров).

Y-AWS и Y-Azure – это облачные/инфраструктурные службы в общедоступных облаках Azure или AWS, которые защищаются, управляются и эксплуатируются компанией Yokogawa в рамках наших полностью управляемых облачных программных служб, предлагаемых конечным пользователям. Их часто называют частными облаками в общедоступной облачной инфраструктуре. Выбор облачного провайдера зависит от присутствия соответствующего оператора в каждом регионе, а также от местных правил, касающихся суверенитета данных, локализации и местонахождения данных. Yokogawa предлагает свои цифровые услуги на таких экземплярах или экземплярах клиентского облака в Azure или AWS либо в локальной инфраструктуре. Также поддерживаются решения в гибридной облачной среде, в которой данные остаются в облаке клиента, а приложения находятся в одном или нескольких общедоступных облаках. Гибридная и локальная конфигурации отличаются в разных ситуациях, и, таким образом, они могут поддерживать или не поддерживать все приложения или функции. Иначе говоря, они поддерживаются в зависимости от случая.

Уровень 3: PaaS – платформа как услуга

Цифровая платформа рассматривается как операционная система для облака или межплатформенное программное обеспечение для цифровых приложений. Платформа предоставляет множество многократно используемых служб для ускорения процесса разработки приложений и предоставления цифровых услуг, а также стимулирует совместную работу и совместное использование ресурсов между



Рис. 5. Основные принципы проектирования платформы

ними (приложениями). Цель платформы — предоставить основной центр для многократно используемых служб, на основе которых регионы и предприятия могут быстро, просто и эффективно создавать решения и доставлять их клиентам в облаке. Платформа также обеспечивает обмен данными и другими функциями между приложениями посредством API. В перспективе платформа может вдвое сократить время и затраты, необходимые для разработки новых приложений и решений.

Четыре ключевых принципа проектирования платформы — связность, поток, конвергенция, притяжение — обеспечивают описанную выше последовательность (рис. 5). Связность — это показатель того, насколько легко различные приложения и системы безопасно подключаются к платформе, тогда как поток — это то, насколько эффективно подключенные приложения беспрепятственно обмениваются информацией через стандартные интерфейсы. Конвергенция — это способность системы интегрировать и комбинировать различные источники данных с образованием формы, пригодной для использования другими приложениями. Притяжение — это способность подключенной системы повышать ценность, привлекая в экосистему больше приложений и служб.

Цифровая инновационная платформа Yokogawa выходит за рамки простой платформы промышленного интернета вещей (IIoT), она охватывает весь спектр цифровых приложений и, таким образом, позиционируется как настоящая платформа цифровой трансформации (ЦТ-платформа). В связи с тем что наша компания позиционирует себя как поставщика SaaS, инструментарий платформеры доступен только для приложений Yokogawa, созданных на данной платформе, а функции разработки платформеры доступны только инженерам Yokogawa. Наши

конечные пользователи напрямую взаимодействуют с приложениями, размещенными на платформе, а не с самой платформой, которая является скрытым инструментом реализации. Платформа спроектирована в соответствии с архитектурой, ориентированной на данные, которая управляет данными на протяжении всего их жизненного цикла, от поступления (входа) до выдачи (выхода) данных, и основана на установленной последовательности действий и процессов, связанных с данными, куда входят включение данных (ввод данных в систему), курирование данных (преобразование, хранение и организация данных, полученных таким образом) и использование данных (использование необработанных, полученных или обработанных данных для выполнения аналитики и машинного обучения с целью получения информации), кульминацией чего являются инновации (рис. 6).

Платформа состоит из пяти уровней (с 3-1 по 3-5, как показано на рис. 7), каждый из которых представляет собой набор инструментов и служб, доступных для приложений, созданных на платформе. Общие службы (3-1 на рис. 7) включают службы обеспечения кибербезопасности и управления идентификацией, которые обеспечивают безопасный доступ

к данным. Многоуровневая архитектура платформы соответствует ключевым этапам управления данными: включению данных (3-2 на рис. 7), сбору и обработке данных (3-3 на рис. 7) и использованию данных, что изображено на рисунке как аналитика (3-4 на рис. 7), поскольку это наиболее наглядный пример использования данных. Она также включает API (3-5 на рис. 7), через который приложения используют службы, предоставляемые платформой. Этот принцип проиллюстрирован на рис. 7.

Для каждого из пяти уровней служб, описанных выше и показанных на рис. 7, дается подробное пояснение в следующих разделах.

3-1 Общие службы

Службы управления идентификацией и авторизацией, а также службы, связанные с кибербезопасностью, сгруппированы вместе и часто называются общими службами, как подробно описано в следующих разделах:

► **управление идентификацией и авторизацией пользователей** для управления пользователями, авторизации, системы единого входа и других привилегий пользователей или ролей, обеспечивающих безопасный доступ к ресурсам платформы. Платформа также может подключаться к внешним системам управления идентификацией пользователей, используемым клиентом;

► **управление информационной безопасностью** охватывает безопасность данных, шифрование и сегментацию на протяжении всего жизненного цикла, включая данные в движении и в местах хранения, а также API, обеспечивающие обмен информацией.

3-2 Службы внедрения данных

Эти службы сосредоточены на переносе данных из нескольких источ-



Рис. 6. Принципы проектирования платформы, ориентированные на данные

ников на платформу и выполнении базовых услуг по очистке (первичная очистка данных). Среди прочего они включают в себя следующие службы:

► **прием данных.** Эти службы включают способность системы перемещать данные из нескольких источников (как ОТ, так и ИТ) на платформу. Данные поступают в систему в различных форматах либо в режиме реального времени (синхронно), либо пакетами (асинхронно). Типы данных включают данные процесса, аварийные сигналы, оповещения, файлы и объекты. Они также включают функции для управления устройствами и адаптации с точки зрения ПоТ. Что касается ЦТ-платформ (по сравнению с большинством платформ ПоТ), то здесь формат данных выходит за рамки данных датчиков и включает прочие данные технологического процесса;

► **подготовка данных.** Эти функции позволяют пользователю очищать данные, фильтровать и нормализовать их по мере необходимости с помощью инструментов, чтобы полученные данные можно было преобразовать в форму, которую можно использовать на следующих уровнях платформы и приложений.

3-3 Службы хранения данных

Эти инструменты помогают организовывать, описывать, очищать, улучшать и сохранять данные в форме, которую можно легко повторно использовать в нескольких приложениях. В объем хранения включены как данные, так и метаданные, которые определяют контекст данных. Обработанные данные могут храниться в базе данных или в озере данных. В дополнение к обеспечению службы хранения возможна и интеграция данных в структуры, модели и репозитории,

которые более ценны, чем необработанные данные. Эти инструменты воплощают в себе глубокое понимание компанией Yokogawa предметной области и операционных контекстов на всех уровнях пирамиды ISA95, включая наши проверенные процессы и методы управления данными из наших систем управления, серверов архивных данных процессов и наших служб управления безопасностью. Инструменты хранения данных позволяют разработчикам приложений быстро создавать приложения на основе ISA95 и других информационных моделей, основанных на стандартах.

Конструкция платформы обеспечивает безопасное управление и упорядочивание данных клиентов, их сегментацию и изоляцию от других данных. Ключевые службы на уровне хранения данных включают службы озера корпоративных данных (Enterprise Data Lake) и службы управления/оркестровки данных, которые описаны ниже.

► **Службы озера корпоративных данных** предоставляют услуги централизованного хранения и управления структурированными и неструктурированными данными в регулируемом масштабе. Если хранение осуществляется в озере данных, идея заключается в том, чтобы хранить все необработанные данные вместе с обработанными. Хранилище данных также может находиться в базе данных, а не в самом озере данных. Важно отметить, что платформа предоставляет службы, необходимые для управления потоками данных в озерах данных и из них, а не само полномасштабное озеро корпоративных данных.

Это связано с тем, что способы реализации корпоративных озер дан-

ных специфичны для каждой организации и редко могут быть стандартизированы. Организации в большинстве случаев реализуют корпоративные озера данных, которые охватывают более широкий спектр деятельности предприятия, и они ожидают, что смогут получить доступ к тем же функциям озера данных, а не создавать еще одно озеро данных, учитывая, что создание, эксплуатация и обслуживание озер данных обходятся дорого. При наличии внешнего озера данных платформа может использовать службы озера данных вместо того, чтобы дублировать их.

► **Службы управления корпоративными данными и их оркестрации** охватывают весь набор инструментов и платформ, которые позволяют каталогизировать, систематизировать, управлять и обрабатывать данные для поставки в определенные приложения аналитики. Эти службы помогают аналитическим приложениям автоматизировать различные этапы разработки конвейера данных, от поиска до использования. К ним относятся операции «извлечения – преобразования – загрузки», преобразования данных и моделирования данных с целью обеспечить полностью абстрагированную, но унифицированную среду для доставки больших объемов данных отдельным приложениям аналитики в требуемой ими форме.

3-4 Аналитика данных

Аналитика данных – это одна из наиболее важных служб, предоставляемых в рамках этапа «Использование данных» жизненного цикла данных, описанного на рис. 6.

Обработанные данные доступны для различных приложений, в том числе приложений для обработки и анализа данных. Этот уровень вклю-



Рис. 7. Облачная платформа Yokogawa

чает в себя инструменты кода низшего уровня, графические логические конструкторы, исследовательскую аналитику, изолированную программную среду для экспериментального анализа и машинного обучения, средства сводного вывода информации и инженерные инструменты, включающие бизнес-логику и инструменты пользовательского интерфейса для мощной визуализации. Основные компоненты описаны в следующих разделах.

► **Службы аналитики.** Эти службы включают в себя базовые инструменты и поддержку готовых аналитических средств и алгоритмов для временных рядов и наборов данных. Платформа также поддерживает контейнеризацию, которая позволяет упаковывать программное обеспечение в стандартные блоки (с изоляцией ресурсов) для разработки и развертывания. Поддержка алгоритмов искусственного интеллекта и машинного обучения также сгруппирована в разделе аналитики с возможностью интеграции сторонних ИИ-платформ или предложений для повышения функциональности приложения. Этот уникальный механизм поддержки стороннего ИИ-кода на основе стандартных фреймворков, таких как TensorFlow и Pytorch, называется «Принеси свое собственное машинное обучение» (BYOML). Кроме того, службы включают надежный сервис конвейера «извлечения – преобразования – загрузки» (ETL), который позволяет пользователю использовать аналитические данные платформы из сторонних инструментов бизнес-аналитики (БА), таких как Microsoft Power BI и Tableau. Эта функция называется «Принеси свою собственную БА» (BYOBI).

► **Сервисы визуализации.** Платформа также предоставляет средство визуализации, разработанное с использованием стандартного языка проектирования, который помогает создавать элементы пользовательского интерфейса, такие как персональные панели управления и дисплеи.

Этот уровень включает в себя среды проектирования и среды выполнения, которые соответственно поддерживают процессы создания приложений или разработки и использования приложений. Платформа также обеспечивает подключение к популярным сторонним инструментам визуализации для обеспечения соответствия

пользовательского интерфейса приложения любым уже используемым аналитическим пакетам. Средства визуализации также доступны на мобильных устройствах в виде приложения. Концепция состоит в том, чтобы удовлетворить различные потребности в визуализации для различных типов приложений, таких как персональные панели управления, пользовательские интерфейсы для мониторинга, отображения процессов и другие, начиная с информационных панелей управления БА.

3-5 Интерфейс прикладного программирования (API)

API – это интерфейсы, которые позволяют различным компонентам приложений взаимодействовать и обмениваться данными с компонентами платформы или другими приложениями. Из множества существующих методов и архитектур для разработки таких API наиболее популярен REST, который использует HTTP в качестве протокола для облегчения связи между программным обеспечением или его компонентами, такими как веб-браузеры и веб-серверы. В основе API (обычно) лежат микрослужбы – набор слабо связанных модульных веб-служб, каждая из которых выполняет определенные функции.

Каждая важная функция платформы представлена как REST API через API-шлюз для эксклюзивного использования приложениями Yokogawa. API защищены секретными ключами для предотвращения ненадлежащего и неправомерного использования. Второй набор API позволяет платформе обмениваться данными с внешними системами или платформами. К ним относятся внешние источники данных в других облаках, в том числе корпоративные озера данных, партнерские системы или поставщики услуг аналитики.

Уровень 4: приложения

Приложения – это программы, созданные для выполнения определенных бизнес-задач, таких как управление активами, оптимизация производства, техника безопасности и охрана труда. Приложения реализуют концепцию интеллектуального производства и ЦТ.

Приложения создаются с использованием таких доступных на платформе служб, как данные, управление

корпоративными данными и их оркестровка, а также конструктор логики и средства визуализации. Связующее ПО платформы обеспечивает соединение приложений друг с другом и безопасный обмен или повторное использование данных по мере необходимости. После того как данные будут доступны на платформе, они могут быть повторно использованы другими приложениями, что позволит исключить дублирование данных на протяжении всего жизненного цикла. Стандартные приложения настраиваются для развертывания с использованием функций конструктора логики и графического конструктора. Портфель приложений состоит из стандартных и пользовательских приложений Yokogawa, созданных для определенных регионов.

На момент написания статьи службы платформы предоставлялись приложениям Yokogawa на эксклюзивной основе и в планах было обеспечить этими службами более пятидесяти приложений. Платформа имеет возможность доступа к данным (предоставления данных) от сторонних платформ или приложений через API RESTful.

Уровень 5: расширенные предложения

Расширенные предложения включают все виды деятельности, формирующие цифровую ценность для наших клиентов. Они представляют собой набор процессов, в которых регионы и первые линии играют доминирующую роль в определении и поддержании качества обслуживания клиентов. Деятельность включает консультации по ЦТ, разработку приложений, системную интеграцию, развертывание, обучение и послепродажную поддержку. Такие процессы обеспечиваются надежными серверными системами, управляемыми из штаб-квартиры Yokogawa по цифровой стратегии.

Основные отличительные особенности нашей платформы

Опыт компании Yokogawa в области измерений, информации и управления, а также накопленный опыт в обработке полевых, технологических и операционных данных (между Yokogawa и KBC) помогают нам создавать инструменты платформы, более пригодные для автоматизации про-

цессов, чем многие из универсальных платформ IIoT, доступных на рынке. Платформа создана с учетом специфики OT в отношении дизайна, что подтверждается нашей стратегией:

- ▶ мощная поддержка возможности подключения на стороне предприятия (более 40 промышленных протоколов через CI Edge, средства подключения к серверам архивных данных – OSI-PI, Exaquantum и т. д.);

- ▶ продвинутая поддержка информационных моделей, связанных с ISA95, которые поддерживают интеграцию с системами организации производства (MES);

- ▶ портфель приложений, ориентированных на технологические процессы, который выходит за рамки простой визуализации активов;

- ▶ решения для сводного вывода информации, предоставляемые большинством IIoT-предложений на рынке.

Другие функции платформы также разработаны с учетом сценариев использования в интеллектуальном производстве.

Хотя облачная платформа и решения Yokogawa используют инфраструктуру и сервисы, предоставляемые системами гипермасштабирования, такими как AWS, Azure и другие, базовый технологический комплект не привязан ни к одному из них. Технологический комплект платформы представляет собой интеграцию лучших в своем классе технологий и предложений, тщательно отобранных из самых разных источников. Облако Yokogawa создает еще один уровень в дополнение к базовым службам, предоставляемым системами гипермасштабирования, с целью постепенного сокращения времени и усилий на разработку приложений.

Наш облачный агностицизм гарантирует, что платформа будет извлекать приложения и службы из базовой инфраструктуры, чтобы приложения, созданные на нашей платформе, беспрепятственно работали в другой облачной инфраструктуре. Наш портфель средств подключения операционных технологий (OT), совместное использование данных и функций между приложениями, беспрепятственный пользовательский интерфейс в различных приложениях платформы, инновационный подход к созданию решений с помощью логики с ко-

дом низшего уровня и шаблоны ресурсов обеспечивают высокую степень контроля и поддержку для быстрого создания и использования облачных приложений.

Некоторые из отличительных особенностей:

- ▶ платформа независима от облака (Azure, AWS и локальные платформы в каждом конкретном случае);

- ▶ это обеспечивает гибкость при объединении инфраструктур, платформ и приложений в виде полностью управляемого пакета услуг или выбора исключительно приложений (в инфраструктуре по выбору клиента). Платформа является скрытым инструментом реализации;

- ▶ ее концепция поддерживает весь спектр ЦТ, а не только IIoT, а это означает, что мы обслуживаем широкий спектр операционных данных, отличных от данных датчиков, включая связанную информацию. Будущие релизы платформы будут сосредоточены на расширении ее возможностей приема различных источников данных, включая неструктурированные данные, такие как видеофайлы и изображения;

- ▶ это позволяет интегрировать готовые функции платформы для анализа временных рядов с любой совместимой сторонней платформой машинного обучения с помощью функции, которую мы называем BYOML. Эта функция обеспечивает среду выполнения для моделей, созданных или отрегулированных во внешней среде (сторонней системе, если модель соответствует набору стандартных фреймворков);

- ▶ мощные периферийные возможности (когда они станут доступны в будущем), характеризующиеся набором из сорока или более протоколов OT в сочетании со стеком возможностей подключения в среде IT, размещенным на надежном оборудовании Yokogawa, таком как e-RT3, и поддержкой выполнения ИИ-алгоритмов для загрузки изображений и видео на основе базовой технологии Amnimo, делают ее пригодной для инновационных ИИ-приложений (Amnimo – дочерняя компания Yokogawa, предоставляющая услуги IIoT);

- ▶ простое развертывание приложения на периферии или в облаке Yokogawa обеспечивает гибкость развертывания и поэтапную миграцию в облако.

Заключение

ЦТ трансформирует бизнес наших клиентов за счет разумного применения цифровых технологий во всех областях их деятельности, включая оптимизацию цепочки создания стоимости, планирование предприятия, управление активами, а также охрану труда, технику безопасности и охрану окружающей среды. Наши ЦТ-решения включают в себя различные приложения, использующие бизнес-знания, основанные на фундаментальных технологических блоках, называемых ЦТ-платформой, обычно (но не обязательно) реализуемых в облачной инфраструктуре.

ЦТ-платформа предоставляет набор общих повторно используемых служб для управления данными, выполнения алгоритмов и визуализации. Используя общую платформу, Yokogawa создает различные приложения и интегрированные решения с единым пользовательским интерфейсом, тем самым ускоряя и упрощая процесс создания стоимости. Ценности для бизнеса, предлагаемые ЦТ, включают повышение эффективности и результативности, оптимизацию, сотрудничество в масштабе всей организации и прогресс на пути к промышленной автономии.

Литература

1. Стефани С. Шипп, Наяни Гупта и др. Новые глобальные тенденции в передовом производстве (Emerging Global Trends in Advanced Manufacturing) [Электронный ресурс] // IDA P-4603. 2017. URL: https://www.nist.gov/system/files/documents/2017/05/09/IDA-STPI-report-on-Global-Emerging-Trends-in-Adv-Mfr-P-4603_Final2-1.pdf (дата обращения: 20.04.2021).

2. IA2IA // Yokogawa Electric Corporation : [сайт]. URL: <https://www.yokogawa.com/solutions/solutions/ia2ia/> (дата обращения: 20.04.2021).

3. LoRa Alliance® Marks & Logo Usage Policy and Guidelines [Электронный ресурс] : URL: https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2021/01/revised_lora_alliance_marks_and_logo_usage_policy_and_guidelines_06191.pdf (дата обращения: 20.04.2021).

С. А. Грачев, руководитель отдела поддержки продаж АСУ ТП, ООО «Июкогава Электрик СНГ», г. Москва, тел.: +7 (495) 737-7868, e-mail: YRU-info@yokogawa.com, сайт: www.yokogawa.ru