

Современные подходы и тенденции в архитектуре IIoT-систем

Сергей Рылов (РТУ МИРЭА)

В статье рассмотрены преимущества внедрения IIoT технологий, а также интеграции ИТ и ОТ технологий. Рассмотрены основные стандарты и консорциумы IIoT. Представлены основные подходы к архитектуре IIoT платформ на базе современных промышленных протоколов передачи данных.

Введение

IIoT призван преобразовать практически все существующие бизнес-модели, создавая при этом новые возможности для всех игроков на рынке промышленной автоматизации.

Основная концепция IIoT заключается в интеграции информационных технологий (ИТ), операционных технологий (ОТ) и платформ для работы с клиентами.

Применение методологий построения систем с использованием IIoT предоставит возможности доступа к новым источникам данных и инструментам аналитики, а также определит в ближайшем будущем стандартные подходы и архитектуры для построения распределённых систем управления и мониторинга в различных областях промышленности.

Решения IIoT объединят разрозненные организационные элементы, процессы и источники информации, что позволит улучшить процесс разработки и доставки товаров и услуг.

Кроме того, решения IIoT расширят разнообразие бизнес-каналов, доступных предприятиям, создавая больше возможностей для повышения привлекательности для клиентов.

Унифицированные источники данных

Внедрение IIoT предполагает использование концептуально новых и унифицированных источников данных.

Эти данные будут поступать из самых разных источников:

- традиционные внутренние бизнес-источники;
- информационные технологии и связанные с ними системы;
- датчики;
- устройства, подключённые к сети Интернет;
- внешние источники социальных сетей;
- другие структурированные и неструктурированные элементы данных (аудио, видео, цифровые изображения).

Объединение этих источников для анализа в контексте IIoT обеспечит основу для более всестороннего мониторинга бизнеса, анализа и контроля данных, а также повышения эффективности.

Преимущества внедрения IIoT

Основными преимуществами внедрения IIoT являются:

- повышение операционной эффективности;
- возможность разработки новых продуктов;
- получение всеобъемлющей информации;
- операционные выгоды.

IIoT создаёт потенциальную выгоду от подключения и интеграции данных из систем информационных технологий (ИТ), центра обработки данных из операционных технологий (ОТ) на заводе и подключённых устройств.

- ИТ-часть бизнеса фокусируется на ресурсах, которые обрабатывают данные для бизнес-функций, таких как начисление заработной платы, базы данных, доступ к клиентам, различные бизнес-анализы, инструменты отчётности и инвентаризация.
- ОТ-технологии нацелены на системы и элементы, которые строят, выполняют, контролируют и наблюдают производственные или сервисные процессы.

Интеграция ИТ и ОТ

До появления Интернета вещей существовало ограниченное сотрудничество или перекрёстная связь между системами ИТ и ОТ.

Такие «островки» исполнения способствовали развитию организационных моделей, которые, будучи индивидуально эффективными, заставляли ИТ и ОТ работать относительно независимыми способами.

В рамках системы IIoT эти два домена могут продолжать функционировать как отдельные пулы.

При этом необходима интеграция:

- операционных и бизнес-данных;
- исторической аналитики;
- аналитики и прогнозирования в реальном времени;

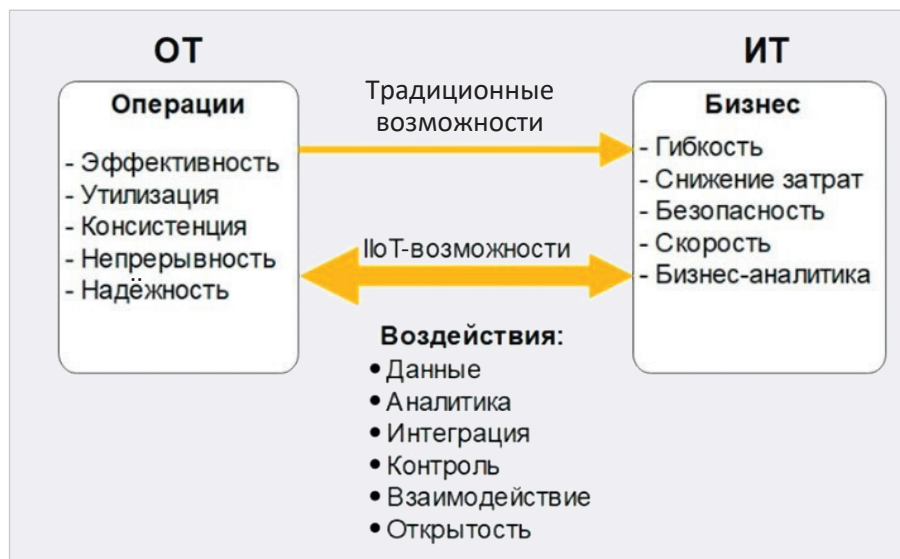


Рис. 1. Интеграция ИТ и ОТ

- контроля;
- взаимодействия и анализа.

Интеграция этих данных приведёт к более интегрированной инфраструктуре ИТ и ОТ, что принесёт преимущества как по вертикали в обоих доменах, так и по горизонтали во всей организации (рис. 1).

Консорциумы и модели IIoT

IIoT требует беспрецедентной степени системной интеграции через границы домена, границы иерархии и фазы жизненного цикла.

Это возможно только в том случае, если решения исходят из стандартов и спецификаций, основанных на консенсусе (табл.).

Крайне важно рассматривать стандартизацию как основу открытой и совместимой системной архитектуры для промышленной реализации концепции интеллектуального производства.

IIoT-платформа

С функциональной точки зрения платформа IIoT – это техническая система, которая предоставляет ряд вспомогательных услуг для поддержки доставки приложений IIoT.

В контексте инициативы Консорциума промышленного Интернета (Industrial Internet Consortium, ИС) по тестированию отдельных (вертикальных) приложений, таких как управление эффективностью активов, контроллеры микросетей и производственные операции должны полагаться на услуги платформы IIoT для предоставления надёжных, масштабируемых и безопасных приложений конечным пользователям.

Каждое приложение IIoT зависит от Среды разработки платформы и набора сервисов платформы (рис. 2).

Сервисные функции IIoT

Сервисы платформы IIoT являются общими для многих приложений Интернета вещей (рис. 3).

Повторное использование этих служб для поддержки нескольких приложений даёт преимущества в области стандартизации.

Кроме того, их включение в архитектуру горизонтальной платформы помогает разрушить границы и обеспечивает совместимость между приложениями.

Asset

Под Asset понимают:

- интеллектуальные сенсоры;

Таблица. Основные стандарты и международные консорциумы IIoT

Модель	Организация	Ссылка	ГОСТ
IIRA	Industrial Internet Consortium	https://iiconsortium.org/	ПНСТ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ
RAMI4.0	Platform Industrie 4.0	https://www.plattform-i40.de/	ГОСТ Р 59799—2021
Architecture Reference Model	oneM2M	https://www.onem2m.org/	



Рис. 2. Взаимодействие IIoT-платформ



Рис. 3. Сервисные функции платформы IIoT

- интеллектуальные исполнительные устройства;
- адаптеры;
- шлюзы;
- другие устройства.

Каждое устройство (Asset) на граничном уровне должно иметь свой «драйвер» – Asset Administration Shell (AAS).

Трёхуровневая архитектура системы IIoT

Трёхуровневая архитектура включает в себя граничный уровень, уровень платформы и уровень предприятия (рис. 4).

Уровни играют определённую роль в обработке потоков данных и потоков контроля, связан-

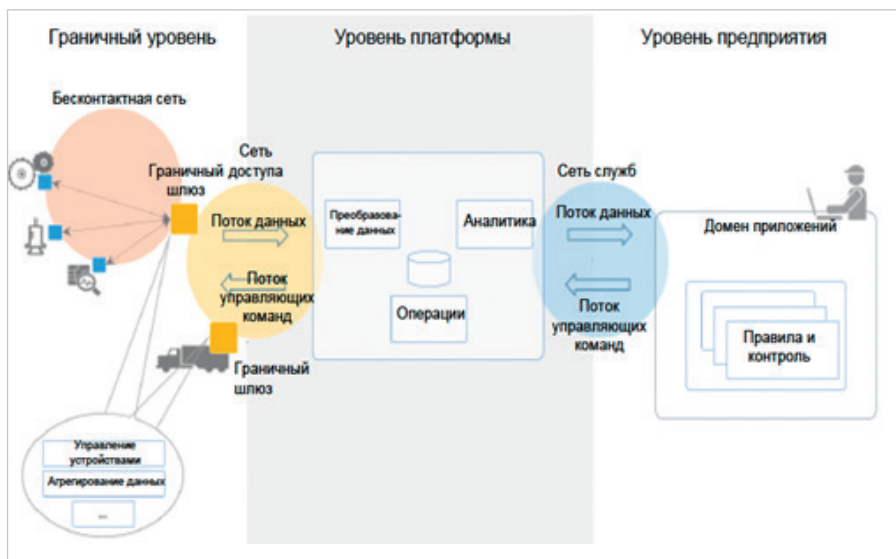


Рис. 4. Трёхуровневая архитектура IIoT

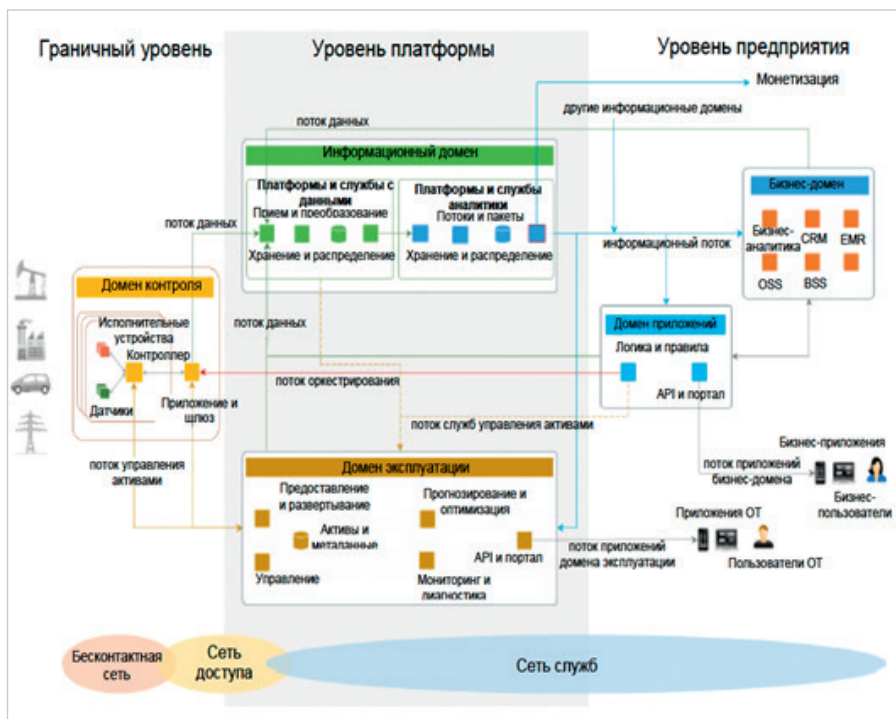


Рис. 5. Функциональные домены IIoT

ных с действиями по использованию.

Уровни связаны тремя сетями:

- бесконтактная сеть;
- сеть доступа;
- сеть служб.

Функциональные домены трёхуровневой архитектуры IIoT

Паттерн трёхуровневой архитектуры объединяет основные компоненты (например, платформы, службы управления, приложения), которые обычно отображаются в функциональные домены (рис. 5).

В результате компоненты всех функциональных доменов могут использо-

вать одни и те же данные, аналитические платформы и службы для преобразования данных и информацию в своих целях.

Взаимодействие и управление посредством шлюза

Архитектура взаимодействия и управления посредством шлюза содержит решение для локального подключения на границе системы IIoT со шлюзом, который соединяется с глобальной сетью.

Шлюз действует как оконечная точка для глобальной сети, изолируя локальную сеть от граничных сенсорных узлов.

Данная архитектура (рис. 6) позволяет локализовать операции и контроль (граничные аналитика и вычисления).

Главное преимущество подобной архитектуры состоит в том, что можно снизить сложность систем IIoT для масштабирования по количеству управляемых активов и по сетям.

Некоторые сенсорные граничные узлы должны иметь возможность маршрутизации. В результате пути маршрутизации от одного сенсорного узла к другому и к граничному шлюзу могут изменяться динамически. Граничный шлюз действует как единая точка входа в сенсорные граничные узлы и как точка управления, обеспечивающая маршрутизацию и преобразование адресов.

Сетевой СТАК и протоколы передачи данных

Особое внимание при проектировании IIoT-систем стоит уделить стандартам (рис. 7):

- DDS (<https://www.omg.org/spec/DDS/>);
- TSN (IEC/IEEE 60802, IEEE 802.1Q);
- OPC UA (<https://reference.opcfoundation.org/>);
- MQTT (<https://mqtt.org/>).

Формат обмена данными AutomationML (AML)

Формат обмена данными AutomationML, стандартизированный в соответствии со стандартом IEC 62714, является нейтральным, бесплатным форматом данных на основе XML. Он был разработан для поддержки обмена данными между инженерными инструментами в гетерогенной среде инженерных инструментов.

AML должен содержать следующую информацию об устройстве (ASSET):

- идентификация: производитель, серийный номер, описание и т.д.;
- технические данные: максимальная скорость (для двигателя, например);
- оперативные данные: текущая температура (для датчика температуры, например);
- документация (PDF, например).

Помимо этого, AML позволяет хранить и передавать алгоритмы в стандарте OpenPLC (XML), а также имеет возможность хранить версию.

Унифицированная распределённая архитектура платформ IIoT

В основе передачи информации между различными уровнями лежит OPC

UA-протокол, в который интегрируется AML-информация.

При необходимости реализации REALTIME-сетей на Граничном уровне (Edge Tier) необходимо использовать OPC UA over DDS или OPC UA over TSN.

Выводы

При проектировании и разработке современных IoT-систем автоматизации следует обращать внимание на опыт и предложения мировых сообществ в данной области, при этом принимать решение об конкретной архитектуре, опираясь на особенности конкретного производства и предприятия.

Приведённые в статье архитектурные подходы чётко дают понять, что необходимо уже сейчас продумывать возможные пути и методы модернизации существующих и новых производств с учётом предлагаемых современных архитектурных векторов развития IoT-систем.

Литература

1. The Industrial Internet of Things Vocabulary. [Электронный ресурс] // URL: <https://iiconsortium.org/pdf/Vocabulary-Report-2.3.pdf> (дата доступа: 10.05.2022).
2. The common strategy on international standardization in field of the Internet of Things/Industrie 4.0. [Электронный ресурс] // URL: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/common-strategy-international-standardization.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (дата доступа: 10.05.2022).
3. The Industrial Internet of Things Volume G1: Reference Architecture Version 1.9. [Электронный ресурс] // URL: <https://iiconsortium.org/pdf/IIRA-v1.9.pdf> (дата доступа: 01.04.2022).
4. Smart Factory Applications in Discrete Mfg white paper. [Электронный ресурс] // URL: https://iiconsortium.org/pdf/Smart_Factory_Applications_in_Discrete_Mfg_white_paper_20170222.pdf (дата доступа: 10.05.2022).
5. Digital Twin and Asset Administration Shell Concepts and Application in the Industrial Internet and Industrie 4.0. [Электронный ресурс] // URL: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Digital-Twin-and-Asset-Administration-Shell-Concepts.pdf?__blob=publicationFile&v=9 дата доступа: 10.05.2022.
6. *Nikolic, B.; Ignjatic, J.; Suzic, N.; Stevanov, B. & Rikalovic, A. (2017). Predictive*

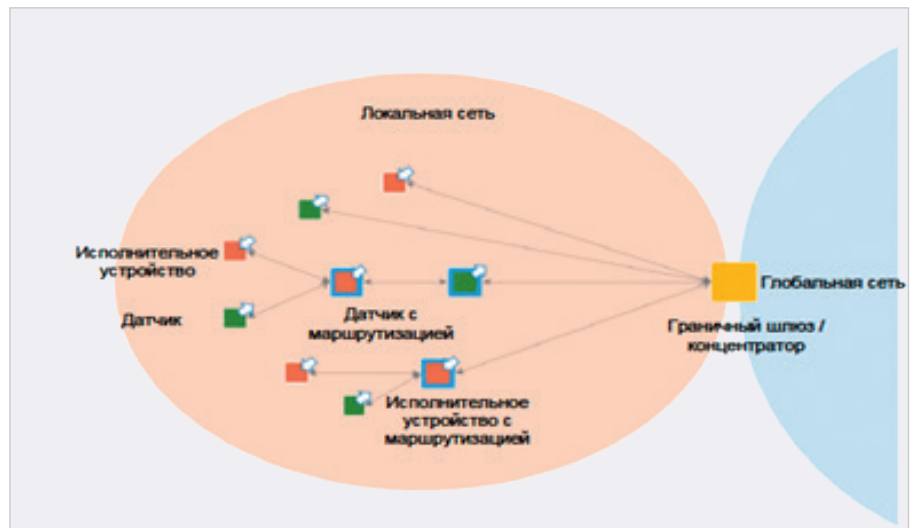


Рис. 6. Архитектура взаимодействия и управления посредством шлюза

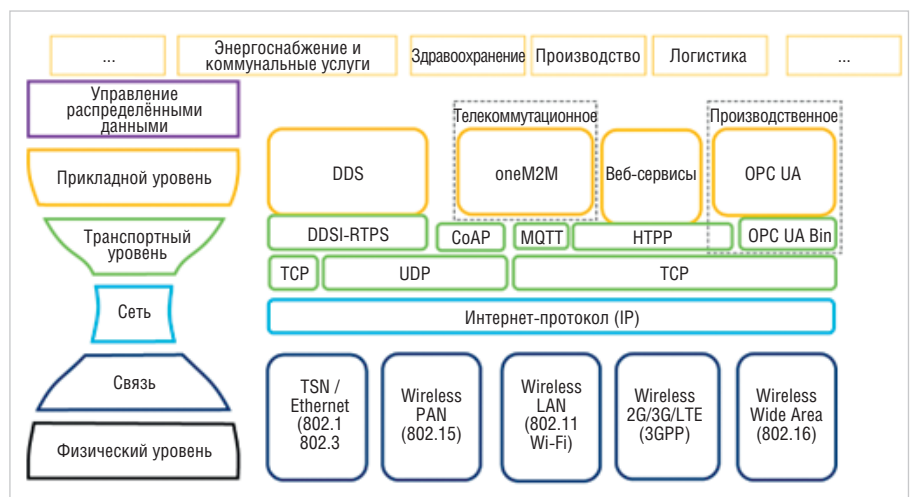


Рис. 7. Сетевой стек протоколов IIoT

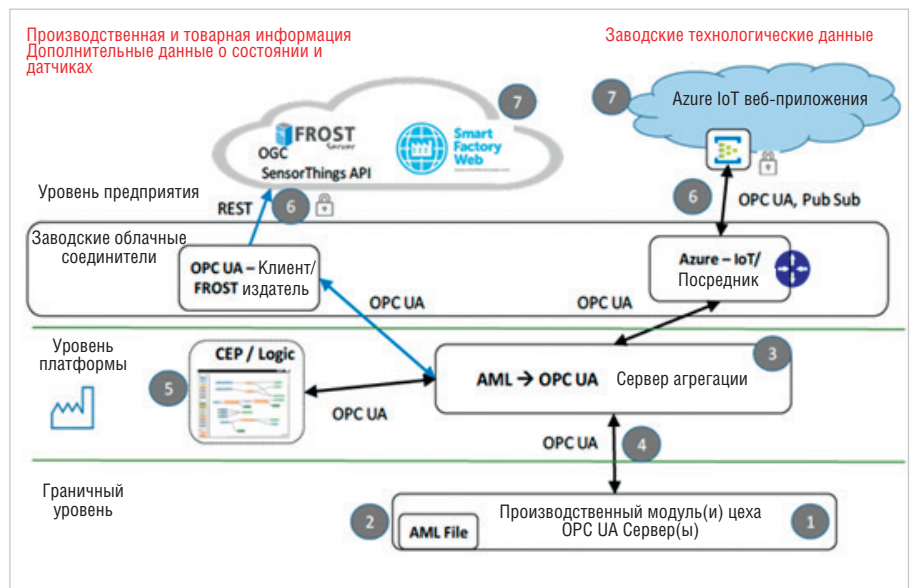


Рис. 8. Распределённая архитектура IIoT-систем

Manufacturing Systems in Industry 4.0: Trends, Benefits and Challenges, Proceedings of the 28th DAAAM International Symposium, pp. 796–802, B. Katalinic

(Ed.), Published by DAAAM International, ISBN 978-3-902734-11-2, ISSN 1726-9679, Vienna, Austria DOI: 10.2507/28th.daaam.proceedings.112.