

OPC UA и TSN: INDUSTRY 4.0 для ОКОНЕЧНЫХ УСТРОЙСТВ

А. Гоголев (ABB Corporate Research)

Показаны преимущества от совместного использования сетевых протоколов OPC UA и IEEE TSN на промышленном предприятии. Описаны сложности, с которыми могут столкнуться предприятия при переводе производственных активов под использование этих технологий. Рассмотрены эксперименты, проводимые в компании ABB, по исследованию производительности промышленных сетей OPC UA и IEEE TSN в едином информационном пространстве предприятия.

Ключевые слова: промышленный Internet вещей, Industry 4.0, протокол передачи данных, оконечные устройства, производительность.

Спецификация OPC UA (open platform connectivity and unified architecture) представляет новое поколение стандартов OPC. OPC UA свободна от недостатков, присущих OPC, и является более гибким и безопасным способом обработки и передачи данных. Программный интерфейс, определяемый стандартом OPC (OLE for process control, OLE — object linking and embedding), позволяет программам, работающим под управлением ОС Windows, взаимодействовать с любым совместимым промышленным оборудованием. Протокол OPC работает по модели клиент/сервер. Преимущество протокола OPC заключается в том, что он является открытым стандартом связи. Это означает, что производителю оборудования достаточно просто подключить свое устройство к OPC-серверу, чтобы обеспечить обмен данными с любым OPC-клиентом. Таким образом можно решить все проблемы, которые возникают из-за неоднородности протоколов и интерфейсов. Однако разработчики OPC не смогли предвидеть, насколько возрастут объемы и сложность обрабатываемых данных. Протокол OPC UA приспособлен для работы с современными данными гораздо лучше предшественника [1].

IEEE TSN (time-sensitive networking) представляет собой набор стандартов IEEE, которые описывают детерминированный обмен данными по сети на нижнем уровне [2].

Потенциал комбинации технологий TSN и OPC UA таков, что она может не просто заменить существующие полевые шины, но и превзойти их по производительности [3]. На текущий момент обе

технологии находятся на разных стадиях разработки, но уже доступны на рынке.

При внедрении стандартов OPC UA и TSN в оконечные устройства¹, обладающие ограниченными ресурсами, могут возникнуть сложности. Компания ABB исследовала эффективность типовых оконечных устройств при работе с OPC UA и TSN. В рамках проекта было проанализировано несколько программно-аппаратных платформ. Целью исследования являлась разработка трех демонстрационных версий для разных прототипов продукции ABB. Были про-

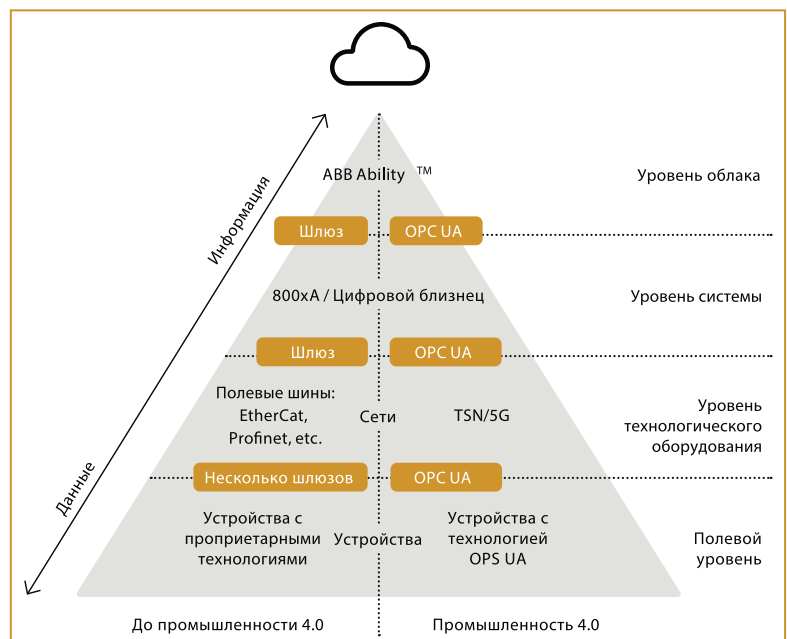


Рис. 1. Традиционная пирамида автоматизации и пирамида автоматизации в соответствии с концепцией Industry 4.0

¹ Оконечное устройство в сетевых технологиях — устройство, генерирующее и/или принимающее данные в соответствии с принятыми протоколами.

ведены сравнения по производительности выбранных устройств при работе с OPC UA, с платформой Extended Automation System 800xA (уровень SCADA) и с технологией TSN. Требовалось ответить на вопрос: возможно ли использовать преимущества детерминированной передачи данных и расширенного доступа к данным с помощью TSN и OPC UA, и могут ли эти новые механизмы быть интегрированы в продукты для расширения функциональности и роста производительности?

Новые концепции в промышленной автоматизации

Сегодня промышленная автоматизация использует множество новых концепций, таких как анализ больших данных, периферийные и облачные вычисления и т.д. В основе этих концепций лежит информация: сбор, обработка, хранение, представление и распространение.

Данные, поступающие от устройств, которые находятся непосредственно на производственной линии, могут нуждаться в предварительной обработке, фильтрации и передаче в облако для дальнейшего анализа и составления отчетов. На текущий момент необработанные рабочие данные от устройств передаются по полевым шинам, которые используют закрытые спецификации для семантического описания и передачи данных. Для получения данных процесса от каждой из полевых шин требуется отдельный шлюз, который будет конвертировать данные в доступный формат. Однако OPC UA позволяет унифицировать информационные модели всех устройств в системе, что гарантирует более легкий и прозрачный доступ к данным. Передача данных при этом происходит по стандарту TSN (рис. 1). Кроме того, семантика OPC UA и TSN позволяет описывать бизнес-логику устройств и прозрачную структуру связи по модели клиент/сервер, которая объединяет инфраструктуру цеха с облачной инфраструктурой.

Объединение проприетарных протоколов и интерфейсов в общую сеть — не единственная сложная задача, которую приходится решать на уровне производственной линии. В частности, для выполнения требований к ресурсам приложений, например, для управления движением, необходимы устройства с высокой производительностью и обеспечение детерминированной передачи данных. Технологии полевых шин проектировались десятки лет назад и зачастую с трудом справляются с современными задачами. TSN не только превосходит имеющиеся технологии полевых шин по производительности [1], но и обеспечивает задел для дальнейшего развития технологий передачи данных.

В итоге к существующим архитектурам выдвигаются серьезные требования: они должны не только обеспечить возможность унификации новых расширенных информационных моделей, но и обеспечить детерминированный трафик обмена данными. В современных условиях предлагается использовать для выполнения этих требований механизмы промышленного Internet вещей, например, протоколы OPC

UA и IEEE TSN. Набор стандартов TSN описывает передачу данных на нижнем уровне, а архитектура OPC UA служит для передачи данных производственного процесса в высокоуровневые приложения. Сочетание этих двух технологий является фундаментом для двух важных функций систем промышленной автоматизации: для быстрой и надежной передачи данных и для клиент/серверного доступа к семантически сложным описаниям устройств.

Другим положительным аспектом внедрения OPC UA и TSN является переход от проприетарных и индивидуальных решений к единому общему стандарту связи. Еще одно очевидное преимущество — это унификация программного обеспечения, интерфейсов и моделей доступа для всего ассортимента существующих устройств. Помимо этого, OPC UA и TSN позволяют аккумулировать опыт разработчиков из различных компаний, избегая дублирования усилий по реализации одних и тех же решений в узкоспециализированных областях.

Но не все так просто

Несмотря на то, что внедрение OPC UA и TSN обещает новые возможности и рост производительности, остаются открытые вопросы:

- Готов ли рынок перейти с проприетарных (но известных) технологий, на стандартизированную и открытую (но новую и неизвестную) технологию?
- Как обеспечить плавный переход к новой парадигме?
- Существуют ли пилотные решения с поддержкой технологий TSN и OPC UA?
- Какие технологии и стратегии необходимо использовать для обеспечения поддержки системой OPC UA и TSN?

Адаптации предприятия к требованиям концепции Industry 4.0 должны предшествовать ответы на практические вопросы. Например, действительно ли на данном производстве будут использоваться все возможности и функциональность, которые предлагает OPC UA и TSN? Не каждая задача требует детерминированного обмена данными или максимально быстрой реакции сети, поэтому сфера, охватываемая технологией TSN, зависит от конкретных условий. Для взаимодействия с облаком обычно не требуются чувствительные ко времени стандарты TSN, а в некоторых случаях и для опроса полевых датчиков в них тоже нет нужды. Аналогичная ситуация наблюдается и для окончательных устройств — не для всех требуется сложная семантическая модель и унифицированный доступ к данным этой модели.

Второй вопрос касается интеграции устройств, поддерживающих протоколы OPC UA и TSN, в существующие системы и инструменты управления: какие механизмы нужно использовать и как обеспечить их унификацию? Учитывая разнообразие систем и их компонентов от разных производителей и соответствующих инструментов, эти вопросы совсем не тривиальны.

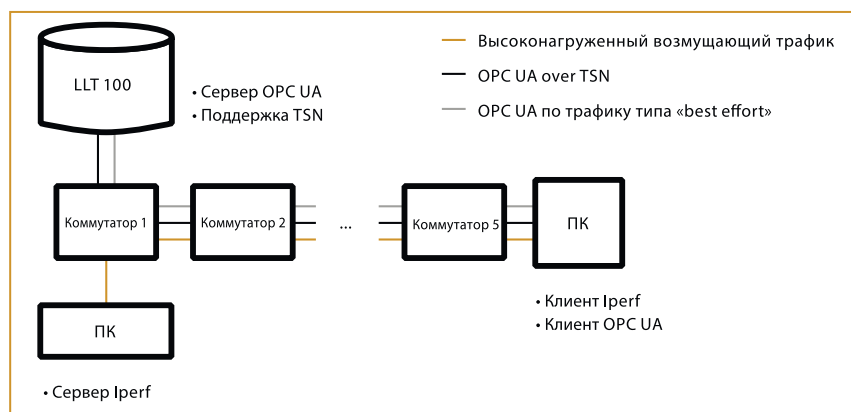


Рис. 2. Испытательная установка для анализа возможностей TSN. Возмущающий трафик генерировался с помощью Iperf-2.0.5 - широко используемого инструмента тестирования сети

Как только принято решение в пользу OPC UA и TSN, наиболее остро встают следующие вопросы:

- В какой части системы и в каком объеме требуется внедрение новых технологий?
- Как OPC UA и TSN вписываются в архитектуру системы, и как их следует настраивать?

Важно учесть, что каждая система запускается (или завершается) на конечном устройстве, и обычно эти устройства ограничены в своих вычислительных мощностях и ресурсах. Исторически технология OPC UA использовалась на устройствах, которые не были ограничены ни в производительности, ни в объеме памяти, ни в электропитании. Кроме того, для полной поддержки стандартов TSN требуются специализированные аппаратные средства, которые обеспечивают работу в режиме реального времени. И возникает вопрос, сколько улучшений потребуется на конечном устройстве, чтобы гарантировать работу новых технологий? Какие шаги необходимо предпринять, чтобы подготовить оборудование для использования новшеств? В результате самым проблематичным аспектом может стать модернизация ресурсоограниченных устройств, которые должны поддерживать технологии OPC UA и TSN.

Обеспечение поддержки технологий OPC UA и TSN оконечными устройствами ABB

В компании ABB команда специалистов из разных областей внедрила технологию OPC UA для трех оконечных устройств: кориолисового массового расходомера ABB FCB400, лазерного датчика уровня ABB LLT100 и универсального контроллера двигателя ABB UMC. Более детальное описание внедрения технологии OPC UA будет изложено в отдельной статье.

Во время экспертного анализа технологии OPC UA команда рассмотрела возможность использования TSN для трех прототипов, используя стороннее инфраструктурное оборудование.

В испытательную установку входило несколько TSN-коммутаторов (от компании TTTech), два промышленных компьютера и прототипы оконечных

устройств ABB (рис. 2). Для конфигурирования всех устройств установки использовалось прототипное программное обеспечение, которое сочетало классические инструменты командной строки с такими новыми технологиями, как протокол конфигурации сети NETCONF и язык моделирования данных YANG.

Наличие технологии формирования трафика с учетом времени (Time-aware shaping (TAS)) позволяет инфраструктурным устройствам с поддержкой TSN передавать данные по сети в режиме реального времени с микросекундной точностью. Однако точность ресурсоограниченных оконечных устройств часто

недостаточно высока, что не позволяет им успешно передавать данные в микросекундных окнах, задаваемых TSN-коммутаторами. Для выявления последствий этого несоответствия данный сценарий был подробно рассмотрен на первых этапах анализа технологии TSN.

Основное внимание при проведении испытаний было сосредоточено на требованиях приложения, таких как время цикла управления (1...5 мс) и объем передаваемых данных (типовая операция чтения/записи нескольких переменных). В рамках первой фазы испытаний анализировались задержка и джиттер трафика OPC UA при различных сценариях загрузки сети. Синхронизация приложений и системная интеграция технологий TSN будут изучены в ходе второй фазы испытаний, о результатах которой мы сообщим в будущей статье.

Основные и побочные результаты

Анализ технологии TSN показал, что можно не только значительно снизить задержку при передаче данных по OPC UA, но и уменьшить неравномерность задержек. На рис. 3 показано, как меняется задержка запросов на чтение данных OPC UA к встроенному OPC UA серверу (в данном случае к LLT100) и от него в случае, когда 95% ширины канала занято возмущающим трафиком, и когда используется технология QoS (предоставление приоритета в обслуживании). Анализ указывает на то, что даже простое внедрение технологии QoS уменьшает задержки, несмотря на большие помехи в трафике. В TSN-коммутаторе выделяется восемь уровней приоритета сообщений, что гарантирует отправку важных сообщений в первую очередь. Благодаря поддержке в TSN-сетях технологии TAS (формирование трафика с учетом времени) передача данных по OPC UA происходит с меньшей задержкой и становится более стабильной. Очевидно, что даже базовая поддержка TSN оконечным устройством на программном уровне повышает детерминизм при передаче данных в инфраструктуре с поддержкой TSN-технологии.

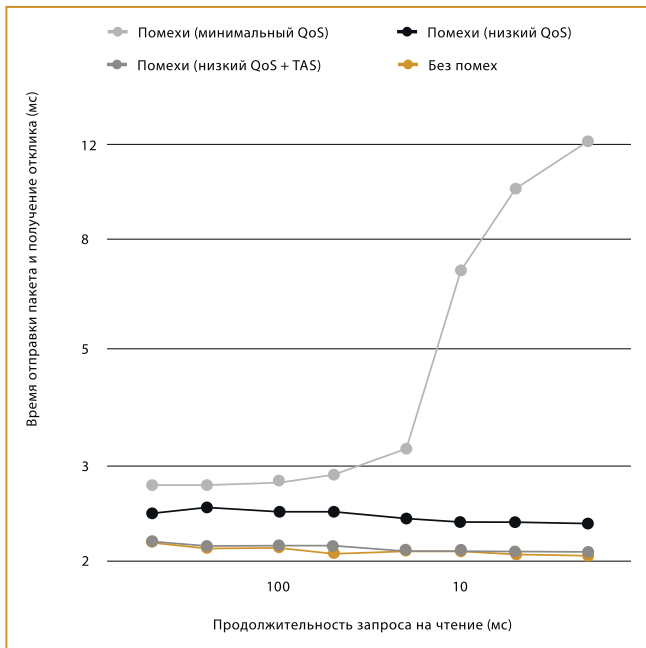


Рис. 3. Задержка запроса на чтение данных OPC UA с возмущающим трафиком в TSN-сетях

Концепции программного обеспечения, разработанные в рамках проекта, будут доработаны на втором этапе внедрения TSN. Целью следующего этапа станет обеспечение возможности автоматически интегрировать оконечные устройства в системы с поддержкой TSN. Исследовательский проект по анализу и разработке прототипов с OPC UA фактически дал старт активной разработке нескольких целевых устройств. Кроме того, в рамках исследовательского проекта появились различные инструменты, и был получен опыт внедрения OPC UA. Один из новых инструментов — это генератор автоматического кода, который преобразует артефакты разработки (например, файлы описания устройства) в совместимый с C код, готовый для компиляции и загрузки на устройство для использования на сервере OPC UA. Другим примером являются выработанные типовые руководящие принципы для интеграции устройств (DI), которые помогают разработчикам из разных областей представлять бизнес-логику устройств в стандартном и функциональном виде.

Революция в мире промышленной автоматизации

Коммутаторы с поддержкой TSN, которые способны обеспечить необходимый детерминизм в сетях, уже доступны на рынке. Программное обеспечение для взаимодействия по модели клиент/сервер в сетях с архитектурой OPC UA также представлено на рынке и готово к интеграции. В скором времени ожидается расширение стандарта OPC UA новой моделью PubSub (издатель/подписчик), которая идеально подойдет для ресурсоемких приложений. Согласно за-

явлениям организации OPC Foundation [2], модель PubSub позволит продолжить внедрение OPC UA на нижних уровнях, к которым относятся контроллеры, датчики и встроенные устройства, обычно требующие оптимизации связи с низким энергопотреблением и низкой задержкой в локальных сетях.

Оконечные устройства ABB уже сегодня обеспечивают базовую поддержку TSN. Полная поддержка технологии TSN, в том числе и на аппаратном уровне, будет обеспечена в обозримом будущем. Но интеграция технологий TSN в рамках всей системы все еще остается под вопросом. Производители коммутаторов пока нацелены на создание отдельных модулей для конфигурации сети, а не комплексных решений для модернизации систем. Производители систем автоматизации и системные интеграторы, такие как ABB, обладают ноу-хау в области автоматизации и располагают инженерными инструментами и необходимыми знаниями для принятия решений о масштабах использования и интеграции TSN. Поэтому поставщики средств автоматизации, производители сетевого оборудования и системные интеграторы продолжают совместную работу по созданию стандартных механизмов интеграции технологии TSN, которые будут приняты всеми отраслями.

Для утверждения концепции Industry 4.0 в качестве технологической парадигмы, ее базовые элементы должны быть стандартизированы и гармонизированы. Представители компании ABB активно участвуют в стандартизации OPC UA и TSN. Ассоциация по стандартизации привлекает все новых и новых участников со свежими взглядами. Новые идеи рождают новые функции, которые необходимо согласовать с уже существующими. Процесс унификации в таких условиях и масштабах требует значительных усилий. Тем не менее, прогресс с каждым шагом становится все более заметным.

Благодарность

Данная статья была бы невозможна без идей и участия всей проектной группы. Особая благодарность выражается Франциско Мендосу, Роланду Брауну, Филиппу Бауэру и Томасу Гамеру.

Список литературы

1. Фортин Т., Хокинсон Б. OPC UA и роль стандартов связи в развитии промышленного Internet вещей // Автоматизация в промышленности. 2016. №8.
2. Д. Брукнер, Ш. Бина, А.С. Васина. (Компания В&R) OPC UA TSN как технология для обеспечения связи на всех уровнях автоматизации // Автоматизация в промышленности. 2019. №2.
3. D. Bruckner, R. Blair, M-P. Stanica et al. OPC UA TSN A new Solution for Industrial Communication. WEKA Fachmedien, Available: https://cdn.weka-fachmedien.de/whitepaper/files/OPC_UA_TSN_-_A_new_Solution_for_Industrial_Communication.pdf. [Accessed Dec. 3, 2019].

Тоголев Александр — специалист ABB Corporate Research.
E-mail: alexander.gogolev@de.abb.com