

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ИЗМЕРЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ TSN

БРЭНДОН ТРИС (BRANDON TREESE)
ПЕРЕВОД: ВЛАДИМИР РЕНТЮК

Характерные для IIoT структуры имеют в составе самые разнообразные датчики — механического напряжения, давления, нагрузки, крутящего момента и т. д., которые должны передавать данные в системы управления. Разработчики современных систем измерения и управления стремятся объединить их в одну платформу. Этому способствует и появление новой разновидности Ethernet — синхронизируемых по времени сетей (TSN).

Как считают аналитики, если 50 млрд устройств будет подключено к сетям уже в 2020 г., то на промышленный сектор будет приходиться почти половина из них. Инженеры и ученые должны обращать особое внимание на внедрение промышленного «Интернета вещей» (Industrial Internet of Things, IIoT) на производствах, нефтеперерабатывающих заводах, в испытательных лабораториях, электрических сетях и городской инфраструктуре. При этом они могут рассчитывать на получение трех основных преимуществ:

- увеличение времени безотказной работы машин и оборудования за счет интеллектуального прогнозного технического обслуживания;
- повышение производительности благодаря перемещению управления на периферию и пограничные области;
- улучшение дизайна и сокращение конструктивных проблем, а также упрощение производства продукции (поскольку подключенное в сеть производственное и технологическое оборудование предоставляет реальные данные).

Рассмотрим эти преимущества подробнее.

Сегодня время функционирования наиболее важных объектов часто зависит от их ручного контроля, причем сразу несколькими экспертами по конкретному оборудованию или машине. К сожалению, таких экспертов становится все труднее и труднее найти, а ручной мониторинг не мас-

штабируется по всему парку активов. По имеющимся оценкам, сегодня анализируется только 5% собранных данных. Технологии IIoT помогают выявить возможности использования аналитики и машинного обучения для того, чтобы прогнозировать оставшийся срок службы конкретного производственного актива и планировать его техническое обслуживание задолго до дорогостоящего сбоя в работе.

Второе преимущество IIoT — это увеличение и оптимизация производительности. «Умные» машины, развернутые на производственных линиях или в удаленных зонах, т. е. в «полевых» условиях, должны иметь возможность настраивать такие параметры, как температура или пропускная способность (количество материала, пропускаемого через систему или установку), в зависимости от информации, которую они получают от других машин с верхних уровней иерархии. Наилучший способ повысить производительность таких систем — это полная автономия со стороны машины или производственного актива. Если машины могут учиться — либо перенимая опыт от других машин, либо с помощью собственной практики, — они затем смогут настраивать свои параметры управления и лучше адаптироваться к окружению.

Наконец, третьим преимуществом IIoT является улучшение конструкции и упрощение производства изделий. Это иногда называют

«IIoT for R&D» (промышленный «Интернет вещей» для НИОКР). Реальные данные, такие как сведения об использовании, возвращаются непосредственно в оборудование для улучшения следующего поколения продуктов. Однако для того, чтобы получить ценную информацию, нужно не только собирать данные, но и управлять ими. Например, компания Jaguar Land Rover имеет сотни инженеров, которые в совокупности генерируют более 500 Гб т. н. данных временного ряда в день. Раньше компания анализировала только 10% таких данных, но после внедрения IIoT-решения охват увеличился до 95%. Теперь она может решить больше конструктивных проблем в своих изделиях за существенно меньшее время.

ТРАДИЦИОННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Чтобы реализовать преимущества IIoT, разработчики должны освоить и использовать несколько основных технологий. Независимо от того, создаются ли система онлайн-мониторинга (в режиме реального времени), интеллектуальная машина для производства или тестируется физическая электромеханическая система, ключевым моментом является необходимость наличия «умной» периферии. Чем сложнее в итоге получают системы, тем больше решений нужно принимать в режиме реального времени. Например, возможность получать

массивы всех данных в аналоговой форме или сигналы высокого разрешения для структурных испытаний устойчивости лопатки ветровой турбины очень важна для понимания ее реального поведения. В то же время всю эту информацию необходимо обрабатывать для ее ввода в систему управления, которая приводит в действие лопасти турбины, чтобы гарантировать, что испытание проводится в точно определенных условиях. Неудивительно, что эксперты компании IDC, которая занимается изучением мирового рынка информационных технологий и телекоммуникаций, считают, что по меньшей мере 40% всех данных, собранных в рамках IIoT, будет храниться, обрабатываться, анализироваться и использоваться для тех или иных действий непосредственно на уровне сетевой периферии.

Чтобы максимизировать производительность и сократить передачу ненужных данных, необходимо перенести решение к граничным узлам сети, развернутым непосредственно на «вещах» или в непосредственной близости от них. Однако при внедрении таких систем возникают новые проблемы, особенно когда они растут в физических размерах и в количестве датчиков. Продолжая пример со структурными испытаниями: чтобы получить полное представление о том, как будет работать лопасть ветровой турбины в тех или иных условиях, вся конструкция должна быть оснащена датчиками напряжения, давления, нагрузки и крутящего момента. Все эти датчики, как правило, генерируют аналоговые сигналы, а для максимальной информативности этого процесса необходимо проводить измерения с высокими скоростями и разрешением. Для таких крупных приложений, как в приведенном примере, вполне возможно, придется установить по всей системе сотни или даже тысячи датчиков.

Чтобы обеспечить заданные значения для всех исполнительных механизмов, управляющих системой, необходимо не только получить все нужные данные. Для формирования полной и достоверной картины происходящего требуется еще и обрабатывать их в реальном времени.

Таким образом, при попытке разработать такую IIoT-систему возникает сразу несколько проблем:

Синхронизация по времени



IEEE 802.1AS, IEEE 1588

Синхронизация по трафику



IEEE 802.1Qbv

Системная синхронизация



IEEE 802.1Qcc

- синхронизация потенциально тысяч каналов и многочисленных измерительных систем;
- синхронизация систем управления — так, чтобы все ответные действия осуществлялись в точно заданное время, без критической задержки;
- синхронизация систем измерения и управления.

Эти вопросы становятся все сложнее по мере роста систем, когда добавляются дополнительные возможности для измерения и контроля. Сама по себе синхронизация одной измерительной системы с другой или одной системы управления с другой не является новой задачей. Как правило, этого можно достичь с помощью сигнальных методов, в которых для маршрутизации общей временной базы или сигнала на распределенные узлы используется физическое подключение. К сожалению, такой подход имеет ограничения по расстоянию и масштабируемости, а также влечет высокий риск воздействия шумов и помех на проводное подключение.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ПОДХОД

Другой вариант — использовать протокол, построенный на основе общего стандарта, такого как привычный всем Ethernet. Ethernet обеспечивает открытость и совместимость, но не имеет ограничений по задержке и не гарантирует пропускную способность. Для решения этой проблемы были разработаны пользовательские версии Ethernet, обычно

называемые hard real-time Ethernet (промышленный Ethernet-протокол точного времени): первыми примерами являются EtherCAT¹, Profinet² и EtherNet/IP³. Эти настраиваемые варианты Ethernet обеспечивают высокую заданную производительность в реальном времени и лучшие в своем классе задержку и управление. Однако каждый из них включает как аппаратные, так и программные модификации сетевой инфраструктуры, что увеличивает общие затраты и означает, что устройства от разных поставщиков могут не работать в пределах одной сети.

Новая технология для решения проблемы синхронизации, выходящая сейчас на рынок, называется time-sensitive networking, или TSN (синхронизируемые по времени сети⁴). TSN — это эволюция стандартного Ethernet, которая по-прежнему предоставляет открытость и совместимость, но добавляет ограничение по задержке и гарантированную пропускную способность, обеспечиваемую жесткой синхронизацией реального времени (рис. 1). В частности, TSN предоставляет три ключевых компонента: синхронизацию по времени, планирование трафика и конфигурацию системы. Возможности синхронизации основаны на профиле протокола IEEE 1588 с точным временем, обеспечивающим уровень микросинхронизации сети, в пределах микросекунды. Кроме того, два других компонента поддерживают детерминированную передачу данных, поэтому пользова-

РИС. 1. ▲ Возможности, которые дают синхронизируемые по времени сети

¹ EtherCAT — стандарт промышленной сети, который относится к семейству Industrial Ethernet и технологиям, используемым для распределенного управления в режиме реального времени. — Прим. пер.

² Profinet (от Process Field Network, сеть полевого уровня) — открытый промышленный стандарт для автоматизации, который использует TCP/IP- и IT-стандарты, а также режим реального времени Ethernet. — Прим. пер.

³ EtherNet/IP — открытый сетевой стандарт, поддерживающий неявный/явный обмен сообщениями или сразу оба вида. — Прим. пер.

⁴ TSN — это обновление стандартного протокола Ethernet, IEEE 802.1, в который добавлены синхронизация времени в сети и детерминированная связь. — Прим. пер.

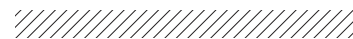


РИС. 2. ▲ Важным аспектом синхронизируемых по времени сетей является конвергенция критически важного трафика и текущего трафика Ethernet

тели могут планировать и назначать по всей сети приоритеты критически важным по времени данным, таким как, например, сигналы управления.

Значимым аспектом TSN является конвергенция критически важного трафика и остального трафика Ethernet (рис. 2). Поскольку TSN имеет все признаки стандарта Ethernet, новые возможности синхронизации времени и детерминированной коммуникации работают в рамках той же сети, что и остальная сетевая коммуникация. Это означает, что один порт в системе измерения или управления может осуществлять детерминированную связь, одновременно обновляя терминалы удаленного пользовательского интерфейса и поддерживая передачу файлов.

TSN — это ключевое усовершенствование для многих промышленных приложений, таких как управление производственными и технологическими процессами и машинами. В подобных случаях низкая латентность связи и минимальный джиттер имеют решающее значение для удовлетворения требований к управлению с замкнутым циклом регулирования. Синхронизация по времени через Ethernet также минимизирует кабельную разводку, традиционно используемую при мониторинге и тестировании физических систем. В результате получается более простое и экономичное решение без ущерба для общей надежности.

Внедрение TSN — это, безусловно, огромный шаг вперед в решении всех проблем, связанных с синхронизаци-

ей внутри систем. Еще одна причина, по которой разработчики все чаще склоняются к выбору TSN, — это снижение общей сложности системы при сохранении или повышении ее надежности. В нашем примере структурных испытаний ветровой турбины можно разработать приложение для использования систем измерения и контроля на основе TSN, но при этом все еще существует проблема программирования этих двух одновременно применяемых решений в соответствующих им средах и механизмах сбора данных.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ В БУДУЩЕМ

В программируемых логических контроллерах используются языки IEC 61131-3⁵, и они работают с данными в виде единичных измерений в конкретной временной точке — одноточечными. Этот тип данных хорошо подходит для приложений управления, но далеко не всегда — для получения информации в виде осциллограмм. Измерительные системы, напротив, работают с осциллограммами, чтобы обеспечить необходимые сведения, но далеко не идеальны для отправки одноточечных управляющих сигналов или реагирования на них детерминированным образом.

Однако в последние несколько лет наблюдается медленная конвергенция систем измерения, управления и контроля. Новые возможности были добавлены к каждому из этих аспектов, так что все больше измерительных систем может выполнять функции управления, и наоборот. Такое сбли-

жение систем измерения и управления будет все в большей степени влиять на приложения IoT в будущем. Необходимость развертывания обеих систем по отдельности будет исключена. Измерение и управление можно будет выполнить с использованием единой программной инструментальной цепочки, разработанной для получения, обработки, регистрации и соответствующего реагирования на поступающие данные.

Кроме того, наличие отдельных систем измерения и управления делает системы более сложными, поскольку необходимо создать две независимые системы, зачастую применяя разрозненные программные средства. Затем эти системы должны быть объединены, что приводит к дополнительным кабелям и связанным с ними проблемам.

Вместо этого следует рассмотреть возможность создания и использования полностью консолидированной платформы измерения, контроля и управления. Она должна предлагать широкий спектр измерения, точность, масштабируемость канала и обеспечивать синхронизацию ввода/вывода измерительной системы. Также должны быть доступны конфигурируемость и настройка системы управления под конкретные требования и решаемые ею задачи. Используя такую платформу, инженеры-испытатели, менеджеры по техническому обслуживанию и проектировщики машин и оборудования будут иметь в своем распоряжении все необходимые инструменты для того, чтобы в полной мере реализовать преимущества IoT, одновременно уменьшив стоимость и сложность его развертывания. ●

⁵ Стандарт IEC 61131-3 устанавливает пять языков программирования ПЛК — три графических и два текстовых. В РФ действует ГОСТ Р МЭК 61131-3-2016 «Контроллеры программируемые. Часть 3. Языки программирования», идентичный международному стандарту МЭК 61131-3:2013 «Контроллеры программируемые. Часть 3. Языки программирования (IEC 61131-3:2013 «Programmable controllers. Part 3: Programming languages», IOT). — Прим. пер.