

# ЭВОЛЮЦИЯ ПЕРИФЕРИЙНОГО УПРАВЛЕНИЯ

ДЕРЕК ТОМАС (DEREK THOMAS)  
ПЕРЕВОД: КИРИЛЛ ВИШНЯКОВ

Будущее промышленной автоматизации — за «истинно периферийными» (true edge) контроллерами, которые сочетают функциональность программируемого логического контроллера (ПЛК, PLC) и программируемого контроллера автоматизации (ПКА, PAC) с универсальными вычислениями, чтобы поставлять с периферии ответную аналитику, а также в реальном времени реагировать на аналитические результаты. Рассмотрим преимущества периферийных контроллеров по сравнению с другими видами этих устройств.

Пользователи и проектировщики промышленной автоматизации проявили значительный интерес к такому понятию, как edge (периферия). Часто под периферийными технологиями понимаются такие, которые включают в себя аппаратные и программные средства, расположенные рядом с машинным оборудованием и датчиками, от которых поступают данные. Они могут выполнять определенные вычисления или даже решать задачи оптимизации управления, а также передавать данные в системы более высокого уровня и облачные системы. Доступ к растущему объему имеющихся данных и действия

на основе полученной информации необходимы и полезны для улучшения производственных операций. Такие функции обеспечивают периферийные устройства (edge devices), которые сочетают функциональность ПЛК и ПКА.

В целом может показаться, что существует множество удовлетворительных вариантов выполнения задач такого типа. Однако достижение прочности промышленного уровня при одновременном предоставлении расширенных вычислительных мощностей является серьезной проблемой, которая сужает круг вариантов. Эта потребность не только связана с обеспечением

упорядоченного потока данных в облако, но и предполагает нисходящий поток информационных технологий (ИТ) и вычислительных мощностей в пространство операционных технологий (ОТ), где выполняется управление, и способность получать аналитические результаты на периферии.

Рассмотрим современный автомобиль, в котором уже давно используются аппаратные и программные средства автоматизации. Водителям необходимо, чтобы системы управления трансмиссией были надежными, в то время как второстепенные системы, вроде навигационной, считаются важны-

**РИС. 1. ▼**  
Преимущества модели автоматизации, сочетающей надежное детерминированное управление с усовершенствованными вычислениями. Изображение предоставлено компанией Emerson



ми, но менее критичными и обычно нуждаются в обновлениях.

Возможна ли сопоставимая модель для применений промышленной автоматизации, сочетающая контроль надежности и выполнение усовершенствованных вспомогательных вычислений (рис. 1)? Любые проекты, построенные на недостаточно развитых технологиях, могут поставить под угрозу надежность, так что в промышленности это может вызвать серьезные проблемы.

Оптимизированные варианты аппаратных и программных средств для надежной автоматизации в режиме реального времени доступны на периферии — в сочетании с коммуникационными и вычислительными возможностями. Рассмотрим, на что следует обратить внимание проектировщикам при оценке таких, «готовых к будущему» (future-ready) периферийных устройств.

## **КОНТРОЛЛЕРЫ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Многие контроллеры и компоненты вычислительной техники рекламируются как пригодные для промышленной периферии, но важно понимать некоторые особенности их конструкции, чтобы пользователи могли убедиться, что они получают то, что ожидают. Некоторые из таких изделий используют архитектуру ПК с виртуализацией программных средств (software virtualization) и эмулируемой средой управления (emulated control runtime) и могут быть недостаточно прочными для удовлетворения требований промышленного применения. В других изделиях используются два отдельных процессора, чтобы обеспечить среду управления и универсальные вычислительные мощности, а это уже дорогостоящий продукт.

Существует два варианта реализации периферии (edge): аппаратно-независимый и программно-определяемый.

Аппаратно-независимые (hardware-independent) реализации периферии подразумевают программное обеспечение, предназначенное для работы на любой

промышленной аппаратной платформе. Такая гибкость может быть удобна, но она, как правило, влечет за собой определенный уровень жертв или риска. Например, можно столкнуться с недостатком гарантий в отношении детерминизма, совместимости или производительности, а для внесения определенных улучшений обычно необходимо останавливать оборудование. Аппаратная независимость — это в основном модель потребительского уровня, но она предлагается и для некоторых типов промышленных применений.

Программно-определяемые (software-defined) реализации испытываются гораздо тщательнее, чтобы обеспечить детерминированную производительность, необходимую для надежных, повторяемых и безопасных вычислений и управления. Это имеет решающее значение для промышленных систем управления, но часто требует специального оборудования.

Изделия вычислительной техники общего назначения могут подходить для применений, не связанных с управлением, однако системам промышленного управления, как правило, требуется нечто большее. В течение многих лет в проектах промышленной автоматизации использовались ПЛК, а в последнее время и ПКА для реализации детерминированного управления, причем оба вида контроллеров обеспечивают длительный жизненный цикл, составляющий примерно 15 лет.

Однако ПЛК/ПКА были довольно ограниченными в части предоставления универсальных периферийных вычислений (общего назначения). Им, как правило, не хватает вычислительной мощности, объема ОЗУ и ПЗУ, необходимых для запуска современных приложений аналитики или наглядной индикации (visualization), обычно доступных в операционных системах Microsoft Windows и Linux. Промышленные ПК (Industrial PC, IPC) могут предоставить желаемые функциональность и производительность вычислений общего назначения, но им часто недостает надежности, необходимой для работы в реальном времени при загрузке стороннего программного обеспечения,

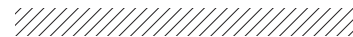
и обычно их срок службы составляет не более пяти лет.

Было бы идеальным комбинированное решение, но аппаратно-независимая конструкция не может обеспечить необходимые гарантии производительности для детерминированных и недетерминированных применений. Только программно-определяемые конструкции, выполненные на проверенном (validated) оборудовании, могут обеспечить производительность вычислений, требующуюся для критически важных операций, при этом позволяя параллельно работать аналитике и машинному обучению.

## **РАЗВИТИЕ НАДЕЖНОСТИ ПЕРИФЕРИЙНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

На рынке присутствуют несколько аппаратно-независимых вариантов реализации периферийных вычислений (edge computing), и они подходят для определенных форм сбора данных, аналитики и наглядной индикации. Однако в вариантах коммерческого уровня могут возникать сбои, которые неприемлемы для промышленного применения. Если потребителям нужна производительность почти в реальном времени для систем, которые требуют непрерывной работы и не допускают даже кратковременных отключений из соображений безопасности или по иным причинам, то необходимо лучшее решение.

Улучшенные функции аналитики работают с динамическими данными (dynamic data), поэтому эти вычисления наиболее эффективны при условии выполнения вблизи от источника данных, например в ПЛК. Быстродействующее управление в сочетании с периферийным вычислением — это еще более ценно, чем периферийное вычисление само по себе. Причина в том, что за счет малой задержки данные могут собираться и анализироваться в режиме реального времени. Полученные при этом результаты могут быть использованы без присутствия операторов или ненадежных мультисистемных интерфейсов. Продвинутые задачи, такие как машинное обучение, зависят от доступа и вычисления данных, расположенных на периферии.



**РИС. 2.** ▶  
«Истинно периферийный» (true edge) контроллер, такой как PACSystems RX3i SPE400 и CPL4 10 от Emerson, использует аппаратную виртуализацию. Изображение предоставлено компанией Emerson

Правила и вычисления

Детерминированный в реальном времени

Данные интеллектуальных датчиков



**Среда выполнения**



Обработка и аналитика данных



Наглядные индикаторы



Сбор и хранение данных



Объединение ИТ/ОТ

**Программные средства**

Верно выполненный проект периферийного управления/вычисления должен позволять детерминированным и универсальным аспектам периферийного управления и вычисления развиваться в своей собственной сфере и в своем собственном темпе. «Истинно периферийное» управление, когда оно правильно спроектировано, может отвечать потребностям потребителя.

### ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРИФЕРИЙНОГО КОНТРОЛЛЕРА

Для того чтобы правильно объединить на периферии детерминированное управление и аналитические вычисления, необходим новый класс аппаратуры (рис. 2), обладающий подходящими характеристиками:

- Детерминированная операционная система реального времени (RTOS — real-time OS) для управления, которая редко нуждается в обновлениях.
- Универсальная операционная система (GPOS — general-purpose OS) для вычислений, которую можно обновлять при желании добавить новые приложения или алгоритмы машинного обучения, или чтобы обеспечить обновления безопасности.
- Аппаратная виртуализация для гарантированной взаимозависимости ОС реального времени и универсальной ОС, за счет чего каждая ОС работает и даже

может быть перезагружена независимо от другой.

- Возможность безопасного взаимодействия двух ОС, чтобы универсальная ОС могла получать данные от ОС реального времени и чтобы универсальная ОС могла информировать ОС реального времени об оптимальных настройках.

«Истинно периферийный» контроллер не может быть создан лишь за счет запуска программного обеспечения любого типа на любом универсальном оборудовании. Специализированное оборудование, управляемое с помощью гипервизированной (hypervised) системы, выделяет одну часть оборудования для запуска ОС реального времени, а другую — для запуска универсальной ОС.

Пока ОС реального времени достаточно требовательна к синхронизации, в сконструированном надлежащим образом периферийном контроллере детерминированные функции выполняются современной аппаратной частью. Ключевым моментом является полное недопущение помех работе ОС реального времени со стороны универсальной ОС, за исключением специально назначенных защищенных связей.

### К ПЕРИФЕРИИ И ДАЛЕЕ С ПРОМЫШЛЕННЫМИ КОНТРОЛЛЕРАМИ

Следующий вопрос: что можно сделать, имея один промышленный периферийный контроллер?

В простейшем случае периферийный контроллер действует точно так же, как ПЛК/ПКА. Он работает со стандартными промышленными линиями ввода/вывода и поддерживает стандартные открытые протоколы связи. Периферийный контроллер также можно использовать для сбора и хранения данных, получаемых от ПЛК/ПКА, других датчиков и источников данных, обработки и анализа этих данных, а затем наглядной индикации или обмена с клиентскими приложениями и/или ИТ-системами более высокого уровня, такими как ПК (рис. 3). Однако большинство пользователей не захотели бы внедрять такой многофункциональный периферийный контроллер лишь для одной из этих специализированных целей, когда для этого подойдет типовой ПЛК/ПКА или ППК.

Все эти роли может выполнять «истинно периферийный» контроллер. Это то, что необходимо для прогресса промышленных систем управления (industrial control systems), — способность аппаратных/программных средств периферийного контроллера надежным образом проецировать ИТ-функциональность в среду ОТ.

### ТРИ ПРЕИМУЩЕСТВА ПЕРИФЕРИЙНОГО КОНТРОЛЛЕРА ПЕРЕД ПЛК, ПКА, ППК

Рассмотрим три примера, в которых проявляется преимущество

«истинно периферийного» контроллера в сравнении с традиционными ПЛК/ПКА и ППК.

**Диспетчеризация**

Периферийный контроллер в сочетании с несколькими единицами машинного оборудования, управляемыми посредством ПЛК, обеспечивает преимущество координации/синхронизации отдельных единиц оборудования при одновременном доступе к данным и алгоритму управления, так что пользователи могут оптимизировать производительность линии. Например, если в цепочке машин в одной из них (последующей, downstream) возникает неполадка, то предшествующая (upstream) машина может быть замедлена, чтобы предотвратить перегрузку. Или если качественный параметр выпускаемого изделия непрерывно ухудшается, предшествующая производственная операция может быть отрегулирована в реальном времени для компенсации такого ухудшения.

**Состояние машинного оборудования**

Периферийный контроллер позволяет заблаговременно отсле-

живать циклы машины, сигналы тревоги, показатели качества и многое другое. Зная состояние различных компонентов машины, можно активно компенсировать износ или иные неполадки без вмешательства человека. Это также дает оператору непосредственный доступ к информации и даже позволяет просматривать ее с помощью локального человеко-машинного интерфейса наряду со стандартными рабочими функциями машины.

**Оптимизация энергопотребления**

Периферийный контроллер может активно отслеживать потребление энергии на предмет возрастания, аномальных изменений или других проблем, а также отправлять предупреждения или даже заблаговременно вносить изменения. Обладая доступом к тарифам на электроэнергию или иным соответствующим данным, контроллер может вносить корректировки в программу машины (снижение скорости, понижение температуры и т. д.) или даже останавливать машину в те моменты, когда продолжение работы может быть наиболее дорогостоящим.

**БУДУЩЕЕ КОНТРОЛЛЕРОВ И ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ**

В течение многих лет потребители использовали надежные платформы управления в реальном времени. К требованию надежности присоединилась растущая потребность в доступности данных и кибербезопасности. Традиционные ПЛК/ПКА/ППК и некоторые более новые периферийные устройства могут частично удовлетворить потребности пользователей.

Реальное будущее ПЛК/ПКА, да и вообще промышленной автоматизации, — это широкое внедрение современного периферийно поддерживаемого управления, которое стало возможным благодаря специально сконструированным периферийным контроллерам. Системы, построенные на универсальном оборудовании или основанные на потребительском (не промышленном) программном обеспечении, могут удовлетворять таким требованиям лишь в редких случаях. Только свойственные современным периферийным контроллерам надежность и информационная производительность, обеспечиваемая за счет их периферийного расположения, полностью отвечают текущим и будущим потребностям промышленных систем управления. ●

**РИС. 3. ▼** Универсальная часть «истинно периферийного» контроллера, вроде изображенного здесь ядра Emerson PACEdge, должна быть способна одновременно разместить множество приложений. Изображение предоставлено компанией Emerson

