

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОТОКОЛА OPC UA для РАСШИРЕНИЯ КОММУНИКАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМ ЧПУ

Н.В. Козак, О. Аль-Вади (ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»)

Рассмотрены возможности использования коммуникационного протокола OPC UA для представления данных о станочном оборудовании на современных промышленных предприятиях. Показаны обобщенные структуры организации приложений клиента и сервера OPC UA. Предложена архитектура OPC UA сервера, располагаемого в ядре отечественной системы ЧПУ¹.

Ключевые слова: системы ЧПУ, контроллеры, коммуникационные технологии, клиент, сервер.

Введение

Внедрение современных коммуникационных технологий на дискретном промышленном предприятии позволяет оптимизировать работы производственного оборудования по ряду параметров: длительность рабочего цикла, простои технического и организационного характера, уровень обслуживания и т.п. Конечной целью сбора данных с оборудования является их аналитическая обработка, результаты которой позволяют значительно повысить уровень организации обслуживания рабочих мест и сократить простои по организационным причинам. Например, учет времени работы инструмента на станках с ЧПУ позволяет оптимизировать режимы обработки и уменьшить потери (брак) из-за инструмента за счет оптимизации времени замены инструмента.

Поэтому расширение коммуникационных возможностей является одним из важнейших направлений развития современных систем управления, в том числе и систем ЧПУ. Использование стандартизированных протоколов передачи данных для коммуникации с внешними по отношению к ЧПУ системами предоставляют разработчикам значительные возможности по интеграции [1]. На практике все большую популярность приобретает международный стандарт OPC UA (<https://www.rtaautomation.com/technologies/opcua>).

На рис. 1 в обобщенном виде представлена современная структура предприятия от производственного уровня (АСУТП) до корпоративного. Вышестоящие уровни управления получают необходимую им информацию от АСУТП по протоколу OPC UA, обрабатывают ее в соответствии со своими задачами и при необходимости выдают управляющие воздействия в обратном направлении.

Интеграция производственного оборудования на нижнем уровне АСУТП также может происходить на основе обмена данными по протоколу OPC UA. Актуальной является проблематика по расширению коммуникационных возможностей систем управления промышленным оборудованием. Рассмотрим возможности расширения коммуникационной



Рис. 1. Обобщенная структура современного предприятия

инфраструктуры систем управления на основе кроссплатформенной реализации протокола OPC UA

Архитектура систем управления на основе стандарта OPC UA

Распределенная система, функционирующая на основе протокола OPC UA, может содержать множество клиентов и серверов. Каждый клиент может работать параллельно с несколькими серверами, и каждый сервер может обслуживать нескольких клиентов. Пользовательское приложение (например,

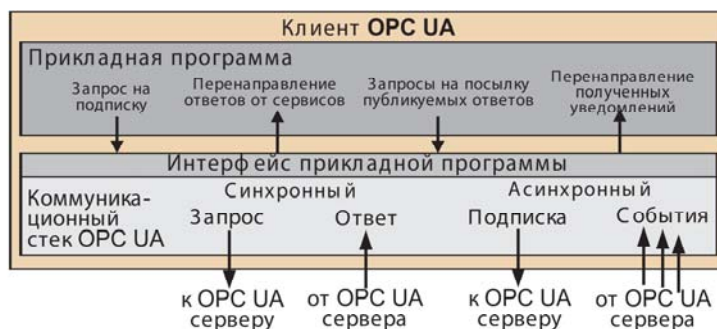


Рис. 2. Структура клиентской программы в стандарте OPC UA

¹ Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках выполнения государственного задания (№ 2.1237.2017/4.6).

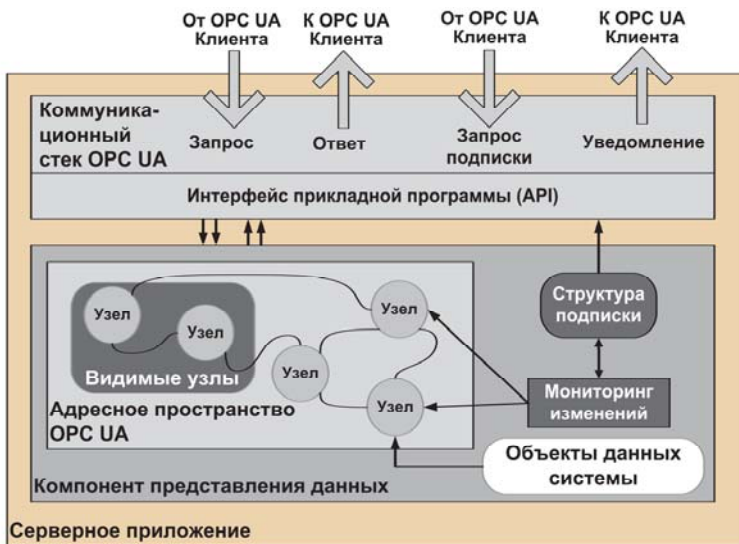


Рис. 3. Структура сервера в стандарте OPC UA

SCADA-система) может создавать комбинированные группы клиентов и серверов для ретрансляции сообщений, которыми оно обменивается с другими клиентами и серверами.

Клиентом при взаимодействии с OPC сервером является прикладная программа, например, SCADA. Рассмотрим типовую структуру клиента (рис. 2). Клиентская программа запрашивает сервисы у OPC сервера через внутренний интерфейс, который является изолирующей прослойкой между программой и коммуникационным стеком. Коммуникационный стек конвертирует запросы клиентской прикладной программы в сообщения для вызова необходимого сервиса и посылает их серверу. После получения ответа на запросы коммуникационный стек передает их в клиентскую программу (<https://opcfoundation.org>).

Структура сервера OPC UA представлена на рис. 3. Модули ввода/вывода, ПЛК, «интеллектуальные» устройства и программы, которые могут поставлять

данные через OPC UA сервер, обозначены на рис. 3 как "Объекты данных системы". Серверное приложение представляет собой программную реализацию функций, которые должен выполнять сервер.

Адресное пространство OPC UA сервера представляет собой множество узлов, доступных клиентской программе с помощью сервисов протокола. "Узлы" в адресном пространстве используются для предоставления данных реальных объектов и их определения (мета-данные). В адресном пространстве выделяется подпространство узлов, которые сервер делает "видимыми" для клиента. Видимые узлы организуются в виде иерархической структуры для удобства навигации их клиентской программой. Обмен данными между клиентом и сервером может выполняться как путем получения мгновенных ответов на запросы, так и по схеме "издатель-подписчик".

Инструментарий протокола OPC UA

Основным отличием OPC UA от классического OPC является отказ от технологии COM и DCOM фирмы Microsoft и переход к архитектуре SOAP (Service Oriented Architecture — "Архитектура, ориентированная на сервисы") с целью обмена информацией и обеспечения совместимости со множеством различных аппаратно-программных платформ. Под сервисом в OPC UA понимается некоторая функциональность, заключенная в программном компоненте, который может быть транспортирован от сервера к клиенту или обратно и вызван удаленно. Вызов сервиса аналогичен вызову метода в языках объектно-ориентированного программирования. Интерфейс взаимодействия между клиентом OPC UA и сервером определяется как набор сервисов. Основным принципом SOAP является независимость от программной

технологии, вычислительной платформы, языков программирования, конкретных приложений, а также организация сервисов как слабосвязанных компонентов для построения систем. Сервисы, в частности, включают средства для обеспечения информационной безопасности. Построение сервера OPC UA на основе сервисов позволяет масштабировать программные компоненты сервера для их использования на платформах с разными вычислительными ресурсами. Например, для встроенных приложений может быть использован сокращенный набор сервисов, для корпоративных сетевых серверов — полный набор.

Логические группы сервисов OPC UA (<https://opcfoundation.org>):

- 1) безопасных каналов;

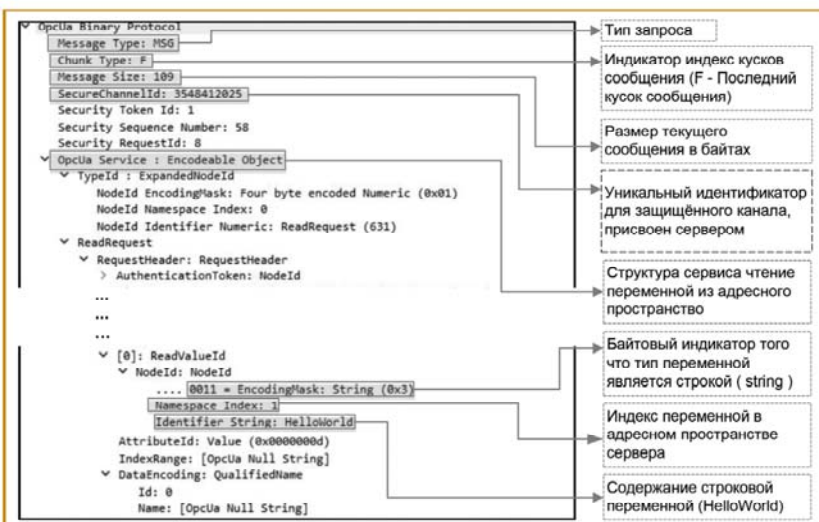


Рис. 4. Структура ответа на запрос клиента OPC UA для чтения переменной типа string

- 2) сессий взаимодействия приложений по инициативе пользователя;
- 3) управления узлами (добавление, модификация или удаление узлов в адресном пространстве);
- 4) видимости узлов, позволяющие задавать индивидуальные наборы видимых узлов для разных клиентов;
- 5) атрибутов позволяют модифицировать атрибуты узлов;
- 6) методов, которые вызывают функции, исполняемые элементами системы;
- 7) мониторинга узлов в режиме подписки. Эти сервисы периодически контролируют переменные, атрибуты и события, а также генерируют уведомления при наступлении заданных условий;
- 8) осуществления подписки и публикации уведомлений.

Для обеспечения информационной безопасности в OPC UA используются стандартные Web-сервисы безопасности, такие как WS-Security, WS-Trust или WS-Secure Conversation. Диапазон возможностей средств безопасности простирается от простой аутентификации с помощью пароля и обмена цифровыми подписями до полного шифрования передаваемых сообщений. OPC сообщения в стандарте UA передаются с помощью сообщений SOAP в виде XML текста. Поскольку кодирование и декодирование текстового формата занимает значительное время, стандарт предусматривает альтернативный способ представления информации в виде бинарной последовательности байт. Бинарное представление по его архитектуре очень похоже на SOAP передаваемого сообщения по сети. Структура сообщения в бинарном виде представлена на рис 4. Это пакет ответа на запрос клиента о чтении значения типа «строка» (string).

Помимо данных о типе и содержании некоторой переменной OPC UA дает представление о местонахождении этой переменной в адресном пространстве и времени прочтения информации. Последний параметр необходим для построения диаграмм изменения значения определенной переменной и диагностики всего процесса передачи и обработки данных.

Расширение коммуникационных возможностей ЧПУ на основе кроссплатформенной реализации протокола OPC UA

Современное состояние общества характеризуется переходом от индустриального этапа к постиндустриальному, основу которого составляет информация. Идет изменение средств сбора, обработки и передачи

Таблица. Типы задач на каждом уровне управления предприятием, к которым можно применить протокол OPC UA

Задачи систем с ЧПУ	АСУТП	MES	Корпоративные системы
Геометрическая	*	+	
Логическая	*		
Терминальная	*	+	
Коммуникационная	+	+	+
Технологическая	*	*	*
Диагностическая	*	*	*

информации между нижними и верхними уровнями предприятия, которые развиваются в сторону мобильности (смартфоны, планшетные и одноплатные компьютеры). При этом для доступа к «большим» данным используют глобальную сеть Internet и облачные ресурсы. Указанные изменения коснулись и технологий, применяемых в промышленности, где происходит переход к концепции Industry 4.0, предполагающей интеграцию в единое информационное пространство: модели данных, модели взаимодействия объектов, динамической модели, модели функционирования объекта управления и моделей сопровождающих их процессов в рамках глобальной информационной системы формирования стоимости [2].

Рассмотрим место систем ЧПУ в условиях цифровизации производственного процесса. Устройство ЧПУ является управляющим по отношению к станку. В то же время оно само является объектом управления при взаимодействии с окружающей средой, в качестве которой выступает оператор, система управления верхнего уровня и т.д. С этих позиций система ЧПУ должна решать следующие задачи:

- геометрическая — взаимодействие системы ЧПУ со станком для управления формообразованием детали. Решение данной задачи заключается в отображении (преобразовании) геометрической информации чертежа в совокупность таких движений рабочих органов станка, которые материализуют чертеж в изделие с заданной точностью;

- логическая — управление дискретной электроавтоматикой на станке, то есть средствами автоматизации вспомогательных операций (зажим инструмента, смена инструмента, контроль давлений, температур и т.п.);

- терминальная — взаимодействие системы ЧПУ с окружающей средой, в частности, с оператором или удаленно с техническим персоналом;

- коммуникационная — обеспечивает обмен данными между локальными и распределенными модулями системы;

- технологическая — управление рабочим процессом и достижение требуемого качества обработки деталей с меньшими затратами;

- диагностическая — предоставление данных о текущем состоянии процесса управления и аппаратном обеспечении системы с целью прогнозирования и своевременного обнаружения ошибок или неполадок.

В таблице показана применимость протокола OPC UA при решении перечисленных задач. Здесь (+) означает, что информация, полученная при решении этой задачи, будет дополнительной, а (*) — информация будет необходимой для управления предприятием.

Современные вычислительные средства предоставляют возможность реализовать решение задач управления электроавтоматикой в рамках общего программного обеспечения систем ЧПУ (Soft PLC). При этом не требуется дополнительная аппаратура и системное программное обеспечение. Таким об-

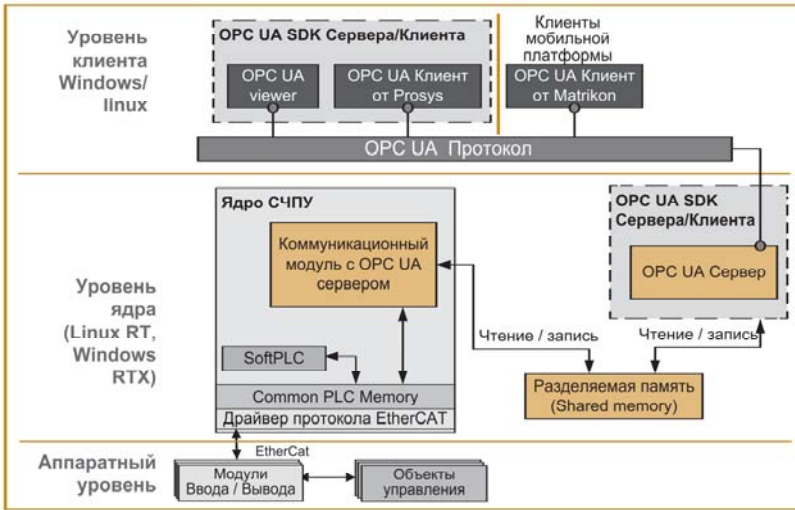


Рис. 5. Архитектура сервера OPC UA, располагаемого в ядре СЧПУ «АксиОМА Контроль»

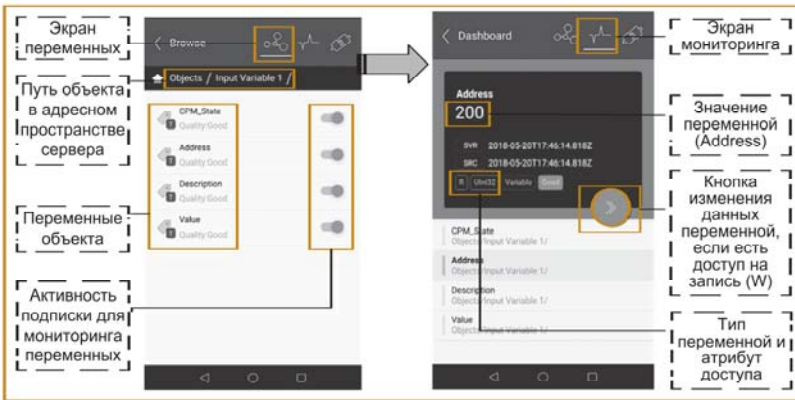


Рис. 6. Использование адресного пространства в ходе тестирования сервера

разом снижается стоимость системы управления, уменьшается число ошибок в ходе системного программирования, появляется возможность отладки управляющих программ электроавтоматики в рамках системы ЧПУ и гибкость конфигурирования компонентов электроавтоматики.

На рис. 5 представлена архитектура сервера данных подсистемы электроавтоматики для системы ЧПУ «АксиОМА Контроль». Ядро системы работает на ОС Linux или Windows RTX для обеспечения задач реального времени. Модуль подсистемы SoftPLC, реализован в ядре и взаимодействует напрямую с модулем доступа к общей памяти процессов (Common Plc Memory — СРМ) [3]. Последний хранит данные о состоянии как ПЛК, так и других компонентов системы ЧПУ, а также данные от модулей входов/выходов, работающих по промышленному протоколу EtherCAT. Модуль входов/выходов в свою очередь имеет непосредственную связь с объектами управления (шпиндель, приводы, управляющие осями станка, и т. д.).

На вышестоящем уровне управления располагаются клиенты, работающие по протоколу OPC UA, они могут быть построены на базе различных операционных систем. В свою очередь, сервер OPC UA находится в ядре системы ЧПУ и общается с клиентами, обеспечивая полный или частичный мониторинг данных станка и подсистемы электроавтоматики.

При разработке OPC UA сервера использовалась библиотека OPC UA SDK C++ сервер/клиент, на базе которой реализован доступ к адресному пространству системы ЧПУ, а также механизм обмена данными с клиентами OPC UA. На настоящем этапе исследований реализован и протестирован доступ к данным общей памяти процессов системы ЧПУ (рис. 6).

Заключение

Инструментарий протокола OPC UA позволяет эффективно решать задачу передачи данных от системы ЧПУ на верхние уровни управления производством, а также систематизировать наборы данных в соответствии с решаемой задачей (геометрическая, логическая, терминальная и др.).

Архитектура OPC UA сервера, располагаемого в ядре «АксиОМА Контроль», дает разработчикам обобщенное представление о возможностях интеграции новых программных компонентов в систему управления. На основе протокола OPC UA станочное оборудование, оснащенное отечественной системой ЧПУ, реализует принципы открытости для предоставления и обмена данным с системами управления производством, позволяет решить задачи удаленной диагностики, обслуживания оборудования, в том числе с применением мобильных приложений.

Список литературы

1. Козак Н.В., Нежметдинов Р.А., Мартинова Л.И. Интеграция данных систем логического управления в «умное» производство на основе концепции Industry 4.0 // Автоматизация в промышленности. 2018. №5. с.11-15.
2. Мартинов Г.М., Нежметдинов Р.А. Кроссплатформенный программно-реализованный логический контроллер управления электроавтоматикой станков с ЧПУ // Автоматизация и современные технологии. 2013. № 1. С. 15-23.
3. Мартинов Г.М., Козак Н.В., Нежметдинов Р.А. и др. Метод декомпозиции и синтеза современных систем ЧПУ // Автоматизация в промышленности. 2013. № 5. С. 9-15.

*Козак Николай Владимирович — канд. тех. наук, доцент,
Аль-Вади Омар — магистрант кафедры компьютерных систем управления ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
Контактный телефон +7-499-472-94-40.
E-mail: kozak@ncsystems.ru*