

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ КОМПОНЕНТОВ С ЯДРОМ СИСТЕМЫ ЧПУ

Гусев С.С.

*Российская Федерация, г. Москва,
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН*

Аннотация. Все больше растет интерес к отечественным производственным мощностям, что стремительно и бесповоротно ведет к интегрированию и эксплуатации современных технологий. При привязке их в системы управления безусловно повышается производительность, падают затраты и повышается эффективность бизнеса. Это, в свою очередь, является прямыми предпосылками для модернизации производственного оборудования на основе систем управления собственного производства.

Например, ввод высокотехнологичных сетевых протоколов приводит к прямому более автоматизированному сбору данных о производственном процессе, который выполняет какое-либо оборудования. К этому относится ряд некоторых параметров, среди которых уровень обслуживания, длительность рабочего цикла, простой технического и организационного характера и т.п. Автоматизация обработки собираемых с оборудования данных для составления отчетов о балансах, фонде времени и производительности оборудования можно считать конечной целью самого сбора данных. Если предприятие придерживается традиционализма и не внедряет аналитическую систему для обработки данных с производственного оборудования, то не может идти речи даже о минимальном повышении уровня организации обслуживания рабочих мест и сокращения простоев оборудования по организационным или иным причинам. Все сказанное выше наводит на мысль о том, что учет времени работы инструмента на станке с системой ЧПУ позволит оптимизировать режимы резания и увеличить качество обработки заготовок. Это можно реализовать в том числе и за счет оптимизации времени, затрачиваемого на смену инструмента.

Ключевые слова: *программные компоненты, протокол стандарта OPC UA, ядро системы ЧПУ, программное управление, сетевые протоколы.*

1. Введение

Все больше растет интерес к отечественным производственным мощностям, что стремительно и бесповоротно ведет к интегрированию и эксплуатации современных технологий. При привязке их в системы управления безусловно повышается производительность, падают затраты и повышается эффективность бизнеса. Это, в свою очередь, является прямыми предпосылками для модернизации производственного оборудования на основе систем управления собственного производства.

Развитие современных систем управления [1], например, систем числового программного управления, не представляется возможным без расширения коммуникационных возможностей с системами диагностики и мониторинга. Реализация функций коммуникации с внешними по отношению к ЧПУ системами на основе протоколов сетевой коммуникации, реализуемых по промышленным стандартам, дает обширные возможности по интеграции с названными системами. Это столь важно также в связи с тем, что мы живем в век всемирного развития концепции Интернета вещей. Протокол OPC UA [2], о котором пойдет речь в рамках данной работы, уже много лет используется в качестве международного стандарта промышленной коммуникации. И далее решение озвученной ранее проблемы будет демонстрироваться с использованием данного протокола.

Новизна статьи заключается в описании внедрения на российских предприятиях протокола стандарта OPC UA, который много лет используется в западном стандарте автоматизированных систем управления.

2. Анализ протокола стандарта OPC UA

Интегрирование протокола OPC UA в производственном программном обеспечении [3] систем контроля, системах ERP/MES и в полевых устройствах.

Системы ERP (Enterprise Resource Planning) и MES (manufacturing execution system) служат для обмена информацией и использования команд для управления производственными процессами. Стандарт OPC UA (Ole for Process Control версия Unified Architecture) вводит общую инфраструктурную модель [4] для эффективного обмена данными, введенные определения являются следующими:

- Коммуникационная модель передачи данных между конечными узлами (end points);
- Модель сообщений для взаимодействия клиентов с серверами;
- Совместимость на уровне операционных систем;
- Информационная модель, представляющая структуры, поведения и семантику [5].

Стандарт OPC UA – является кроссплатформенным стандартом, с помощью которого разнообразные системы и устройства могут произвести обмен информацией отправляя сообщения между серверами и клиентами по различным типам сетей. Надежность и безопасность связи обеспечивается и поддерживается идентификацией серверов и клиентов и сопротивляется атакам. Стандарт OPC UA определяет наборы сервисов, которые могут предоставлять серверы, и отдельные серверы указывают для клиентов поддерживаемые ими службы. Описанные в списке OPC UA-defined типы данных передаются по этому протоколу. Для каждого типа оборудования они являются уникальными [6].

В стандарте OPC UA также поддерживаются различные отношения между конечными элементами (узлами), что позволяет строить различные виды иерархии элементов (узлов). Эта гибкость в сочетании с поддержкой определений типов делает OPC UA применимым к широкому спектру проблемных областей [7]. Как показано на рисунке 1 протокол не предназначен только для PLC, DCS-интерфейса и SCADA, но также как способ обеспечивать большую совместимость вплоть до верхнего уровня.

Спецификации протокола сливаются друг с другом, для отделения основного функционала от базовой вычислительной технологии и сетевого транспорта. Это позволяет протоколу OPC UA сопоставляться с будущими версиями [8] по мере необходимости, не отрицая основной функционал.

Кроме того, определены три транспортных протокола:

- SOAP/HTTP
- OPC UA TCP
- HTTPS

Определены два вида кодирования данных:

- UA Binary.
- XML/text [5].

Серверы и клиенты, поддерживающие множественные транспортные протоколы и кодировки, позволяют конечным пользователям принимать решения о компромиссах между производительностью и совместимостью веб-службы XML

во время развертывания, а не с этими компромиссами, определенными поставщиком OPC во время определения продукта [9].

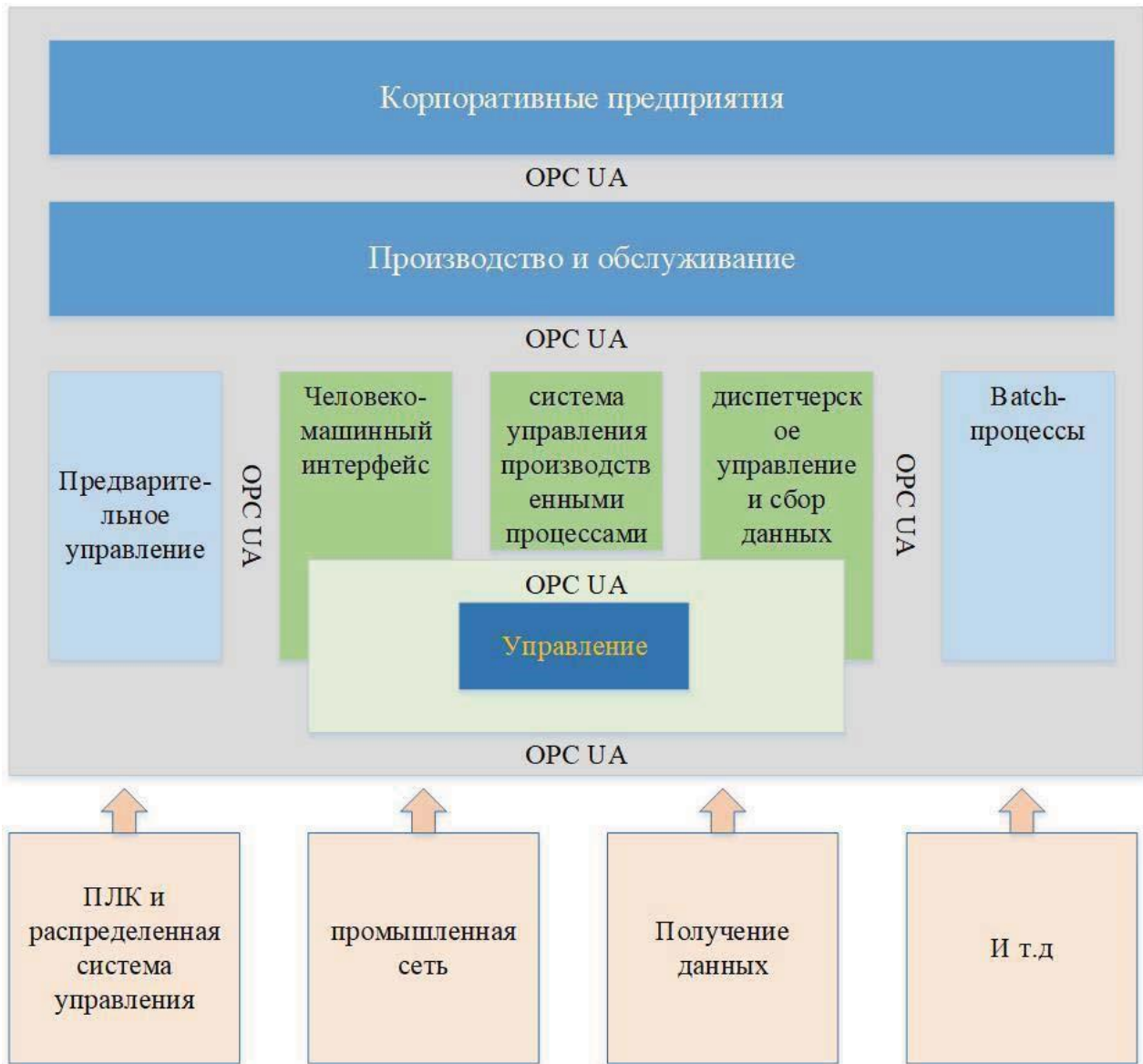


Рисунок 1. Целевые приложения сеть OPC UA

3. Роль стандарта OPC UA в системе ЧПУ

В области станков с ЧПУ [10] существует множество коммуникационных интерфейсов для профилей и механизмов для интеграции станков в производственную сеть. Существуют стандартизованные решения [11], а также решения для конкретных производителей. Этот сорт, как и отсутствие согласованности стандартизации, в настоящее время приводит к значительным усилиям в случае создания сетей.

OPC UA представляет собой стандарт [12-14] для межотраслевой коммуникации между различными участниками. Существует возможность указывать модели данных для конкретных доменов и приложений.

Сервисы OPC UA делятся на логические группы [OPC]:

- Сервисы безопасных каналов, например, SSL каналы;
- Сессий взаимодействия приложений по инициативе пользователя;
- Управления узлами (end points), позволяющие клиентам добавлять, модифицировать или удалять узлы в адресном пространстве;
- Сервисы видимости узлов, позволяющие задавать индивидуальные наборы видимых узлов для разных клиентов;
- Сервисы атрибутов позволяют модифицировать атрибуты узлов.

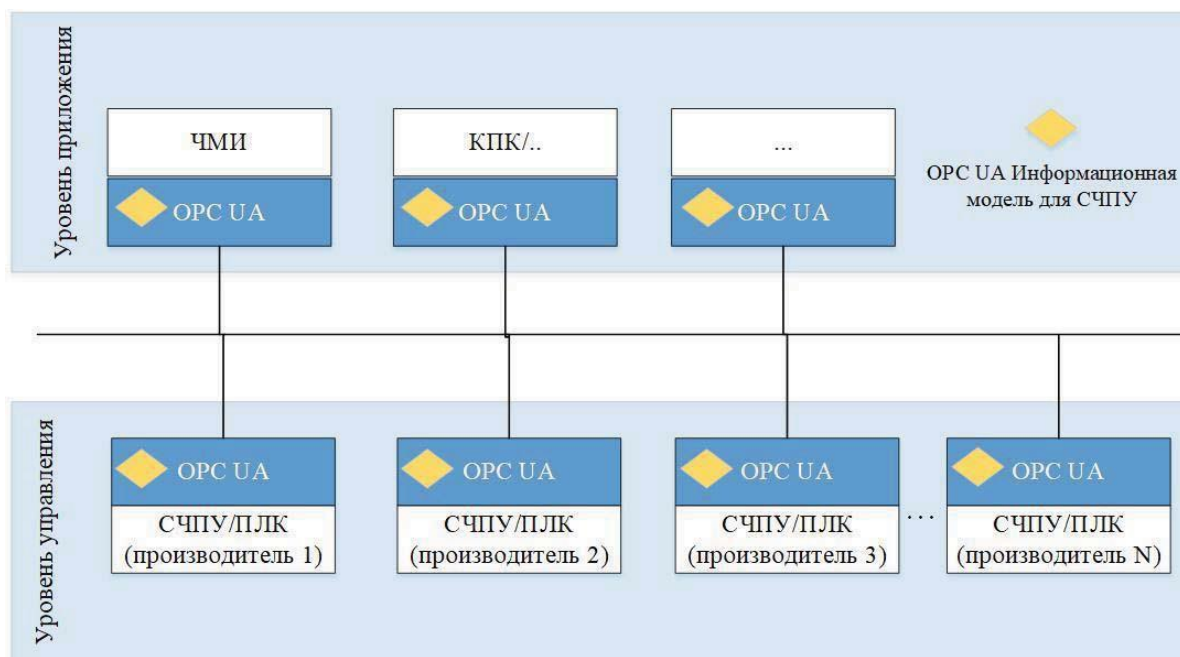


Рисунок 2. Модель использования протокола в системе ЧПУ

Обеспечения информационной безопасности в OPC UA используются стандартные Web сервисы безопасности, такие как WS-Secure Conversation, WS-Trust или WS-Security. Диапазон возможностей средств безопасности простирается от простой аутентификации с помощью пароля и обмена цифровыми подписями до полного шифрования передаваемых сообщений [15].

Сообщения в стандарте OPC UA передаются с помощью сообщений SOA в виде XML формата. Так как процесс декодирования, а также и кодирование текстового формата занимает довольно много процессорного времени, стандарт предусматривает наиболее удобный способ представления информации в виде бинарного формата.

4. Экономическая эффективность

При выполнении работ, продолжительность ее измеряется в человеко-днях. Зарботная плата исполнителя приведена к средней зарботной плате разработчика C/C++ в Москве и равна 60 000 рублей в месяц. Зарботная плата руководителя приравнена к средней зарботной плате руководителя по Москве и равна 80 000 рублей в месяц. Данные по зарплатам взяты за период – Май 2020 г. По производственному календарю установлено, что в месяце 21 рабочих день или 168 часов.

Таким образом зарботная плата и количества рабочих дней, определена ставка за единицу времени – 2857 руб/день для разработчика C/C++. Ставка за единицу времени для научного руководителя составляет – 3810 руб/день. Результаты о трудоемкости выполняемых работ и ставке, определяется стоимость основных работ по разработке навигационной системы, с помощью формулы

$$Z_{осн. з / пл} = (2857 \times 106) + (3810 \times 22) = 386662 \text{ руб.}$$

где:

$Z_{осн. з / пл}$ – расходы на основную зарботную плату исполнителей в руб.;

k - количество исполнителей;

T_i - время, затраченное i - м исполнителем на проведение исследования;

C_i - ставка i -ого исполнителя.

Расходы на дополнительную зарботную плату исполнителей вычисляется по следующей формуле:

$$Z_{доп. з / пл} = Z_{осн. з / пл} \cdot H_{доп} / 100 = 386662 \cdot 0,14 = 54132,68$$

где:

$Z_{доп. з / пл}$ – расходы на дополнительную зарботную плату исполнителей в руб.;

$Z_{осн. з / пл}$ – расходы на основную зарботную плату исполнителей в руб.;

$N_{\text{доп}}$ – норматив дополнительной заработной платы (14%);

Расчет отчислений на страховые взносы, на обязательное социальное, пенсионное, медицинское страхование с основной и дополнительной заработной платы исполнителей, вычисляется по формуле:

$$Z_{\text{соц}} = (Z_{\text{осн.з./пл}} + Z_{\text{доп.з./пл}}) * N_{\text{соц}} / 100 = (54132 + 386662) * 0,3 = 132238,2 \text{ руб.}$$

где:

$Z_{\text{соц}}$ – отчисления на социальные нужды с заработной платы в руб.;

$Z_{\text{осн.з./пл}}$ – расходы на дополнительную заработную плату в руб.;

$Z_{\text{доп.з./пл}}$ – расходы на основную заработную плату в руб.;

$N_{\text{соц}}$ – норматив отчислений на социальные страхования, пенсионное, медицинское (30%).

4.1. Расчет амортизации оборудования и нематериальных активов (на год/проект)

Разработка программных компонентов производилась на одном персональном компьютере т.к. интеграция OPC UA сервера производилась для работы с симулятором системы ЧПУ «АксиОМА Контрол». Поэтому при разработке не использовались никакие дополнительные оборудования, которые употребляли большое количество электроэнергии. В проекте использовались монитор и системный блок срок полезного использования, которых составляет 5 лет расчеты приведены в следующей таблице.

Таблица 1. Расчет амортизации монитора и системного блока

Наименование объекта амортизируемого имущества	Срок полезного использования, лет	Балансовая стоимость, руб.	Сумма годовой амортизации, руб.	Время использования в год, дни	Сумма амортизации на проект, руб.
1. Системный блок	5	50000	10000	125	4980,1
2. Монитор	5	20000	4000	125	1992
ИТОГО			14000		6972,1

4.2. Расчет затрат на электроэнергию, необходимую для работы оборудования

Оценку затрат на эксплуатацию можно обосновать на количестве рабочего времени использования оборудования и расчетной себестоимости одного машино-часа. Стоимость 1 кВт электроэнергии по тарифу Москвы, составляет 5,47 рубля. Общее время работы, составляет 95 дней или 760 рабочих часов, 8 рабочих часов в сутки. Основываясь на полученных данных, сумма затрат на эксплуатацию оборудования составила:

Таблица 2. Расчет затрат на электроэнергию для монитора и системного блока

Наименование объекта	Время использования в год, час	Мощность объекта, кВт/ч	Цена электроэнергии, руб/кВт-ч	Сумма затрат на электроэнергию, руб.
1. Системный блок	1000	0,7	5,4	3780
2. Монитор	1000	0,4	5,4	2160
ИТОГО				5940

Сумма затрат на электроэнергию рассчитывается по следующей формуле:

$$C_{\text{эн}} = T_{\text{исп.год}} * P_{\text{квт}} * C_{\text{руб/квт-ч}},$$

где:

$T_{\text{исп.год}}$ – Время использование в год

$P_{\text{квт}}$ – Мощность оборудование в кВт

$C_{\text{руб/квт-ч}}$ – Цена за электроэнергию руб/кВт-ч.

4.3. Расчет затрат на обслуживание оборудования

Затраты на ремонтные работы рассчитываются по следующей формуле

$$Z_{\text{рм}} = ((C_{\text{мон}} + C_{\text{сис}}) * 0,1 / 251) * T_{\text{исп}}$$

где:

$C_{\text{мон}}$ – Стоимость монитора

$C_{\text{сис}}$ – Стоимость системного блока

0,1 – Процент нормативов

251 – Количество рабочих дней в году при 8-и часовом режиме $T_{\text{исп}}$ – Количество использование в днях

Таблица 3. Затраты на обслуживание монитора и системного блока

Статья затрат	Сумма	Комментарий к расчету
Затраты на ремонтные работы по оборудованию	3486,06	с учетом нормативов по этому виду затрат либо 10% от цены оборудования
ИТОГО затраты на содержание и использование оборудования	3486,06	

Список литературы

1. Информационный ресурс «OPC FOUNDATION» OPC UA Part 1 - Overview and Concepts 1.03 Specification [электронный ресурс]: официальный сайт // спецификация обзора протокола OPC UA. Режим доступа <https://opcfoundation.org/developer-tools/specifications-unified-architecture>;
2. Информационный ресурс «OPC FOUNDATION» OPC UA Part 2 - Security Model 1.03 Specification [электронный ресурс]: официальный сайт // спецификация по модели безопасности протокола. Режим доступа <https://opcfoundation.org/developer-tools/specifications-unified-architecture>;
3. Информационный ресурс «OPC FOUNDATION» OPC UA Part 3 - Address Space Model [электронный ресурс]: официальный сайт // спецификация обзора протокола OPC UA. Режим доступа <https://opcfoundation.org/developer-tools/specifications-unified-architecture>;
4. Информационный ресурс «OPC FOUNDATION» OPC UA Part 4 Services [электронный ресурс]: официальный сайт // спецификация по модели безопасности протокола. Режим доступа <https://opcfoundation.org/developer-tools/specifications-unified-architecture>;
5. Информационный ресурс «OPC FOUNDATION» OPC UA Part 5 - Information Model [электронный ресурс]: официальный сайт // спецификация обзора протокола OPC UA. Режим доступа <https://opcfoundation.org/developer-tools/specifications-unified-architecture>;
6. Информационный ресурс «OPC FOUNDATION» OPC UA Part 6 Mappings [электронный ресурс]: официальный сайт // спецификация по модели безопасности протокола. Режим доступа <https://opcfoundation.org/developer-tools/specifications-unified-architecture>;
7. 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, №5. 2018. с.11-15;
8. Информационный ресурс «RTA automation» [электронный ресурс] официальный сайт // Обзор OPC UA. Режим доступа <https://rtaautomation.com/technologies/opcu>;
9. Информационный ресурс «cmp msgpack» [электронный ресурс] официальный сайт // Обзор cmp msgpack. Режим доступа <https://github.com/camgunz/cmp>;
10. Информационный ресурс «open62541» [электронный ресурс] официальный сайт // Обзор open62541. Режим доступа <https://github.com/open62541/open62541>;
11. Информационный ресурс «spdlog» [электронный ресурс] официальный сайт // Обзор speed log. Режим доступа <https://github.com/gabime/spdlog>;

12. Информационный ресурс «Правила сборки в CMake» [электронный ресурс] официальный сайт <https://cmake.org/>;
13. Экономические расчеты [Электронный ресурс] [сайт] URL: http://www.informic.ru/techno/ek_obosn.htm;
14. Расчет основных экономических показателей предприятия [Электронный ресурс] [сайт]. URL: <https://profmeter.com.ua/communication/learning/cours> ;
15. Экономические расчеты производства продукции [Электронный ресурс] [сайт]. URL: <https://works.doklad.ru/view/si312FFTS9o/all.html>.

DEVELOPMENT OF SOFTWARE COMPONENTS WITH THE CORE OF THE CNC SYSTEM

S.S. Gusev

*V. A. Trapeznikov Institute of control sciences of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russian Federation*

Abstract. There is a growing interest in domestic production facilities, which rapidly and irrevocably leads to the integration and operation of modern technologies. Linking them to management systems certainly increases productivity, reduces costs, and increases business efficiency. This, in turn, is a direct prerequisite for the modernization of production equipment based on in-house production management systems.

For example, the introduction of high-tech network protocols leads to direct more automated data collection about the production process that any equipment performs. This includes a number of certain parameters, including the level of service, the duration of the work cycle, technical and organizational downtime, and so on. Automating the processing of data collected from equipment to generate reports on balance sheets, time pool, and equipment performance can be considered the ultimate goal of data collection itself. If the company adheres to traditionalism and does not implement an analytical system for processing data from production equipment, then there can be no question even of a minimal increase in the level of organization of workplace maintenance and reduction of equipment downtime for organizational or other reasons. All of the above suggests that taking into account the working time of the tool on a CNC machine will optimize cutting modes and increase the quality of workpiece processing. This can also be achieved by optimizing the time spent on changing the tool.

Keywords: software components, OPC UA standard Protocol, NC system core, software management, network protocols.