

УДК 62-50:004.057.8

ПОСТРОЕНИЕ КРОССПЛАТФОРМЕННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О РАБОТЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

П.А. Никишечкин¹, И.А. Ковалев², А.С. Григорьев³, А.Н. Никич⁴
^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «Московский государственный технологический университет «Станкин»,
 г. Москва, Россия

¹pnikishechkin@gmail.com

Аннотация. В статье представлены теоретические аспекты разработки решения для сбора диагностической информации о работе технологического оборудования, ее обработки и передачи на более высокие уровни управления предприятием. Предложена структура построения кроссплатформенного решения, позволяющего повысить уровень информатизации для построения современных промышленных предприятий.

Ключевые слова: автоматизация технологических процессов, информатизация, сбор данных, контроллер, числовое программное управление, ЧПУ.

Сбор информации с производственных участков, где происходят различные технологические операции, является важной и необходимой задачей для современного производства [1,2]. С помощью полученных данных можно отслеживать не только различные диагностические данные (ошибки и предупреждения систем ЧПУ, температура, вибрации в зоне резания, износ инструмента и т.д.), но и информацию о производительности оборудования и работе его оператора (например, моточасы станка). Все это напрямую связано с экономическими показателями как отдельно взятого участка, цеха, так и всего предприятия, поскольку позволяет оперативно реагировать на внештатные ситуации, а также повышать производительность работы путем оптимизации технологических процессов [3-5].

В настоящее время технологические производства представляют из себя автоматизированные ячейки по выполнению различных производственных операций. Зачастую один оператор может обслуживать до 5 станков, на которых ему необходимо следить за технологическим процессом. При этом операторов на линии может быть более 20, управляемых технологических единиц – более 100 (на больших машиностроительных предприятиях – «Уралвагонзавод», «КЭМЗ», «АвтоВАЗ» - более 1000). В настоящее время существует тенденция перехода предприятий к построению производства по типу «Индустрия 4.0». Сложностью такого подхода может являться тот факт, что затруднено получение диагностических данных со всех технологических устройств одновременно. Стоит учесть, что на производстве может стоять гетерогенное оборудование различных производителей. Системы управления данных технологических единиц способны отдавать в сеть диагностические данные. Одной из задач проведения данного исследования является систематизированный

сбор обработка гетерогенной информации в одну базу данных [6].

Проведенный анализ показал, что аналогов разрабатываемого продукта на внутреннем рынке нет. Конкуренция с зарубежными решениями избегается путем попадания в другую ценовую категорию, а также из-за того факта, что большинство зарубежных разработок представляют из себя проприетарное программное обеспечение.

Информацию с технологического оборудования можно получать как непосредственно на самой линии, так и в компьютерной сети производственного цеха (если таковая имеется), где данные будут передаваться по протоколам сетевого взаимодействия [7-10]. Совокупность большого количества технологического оборудования от различных производителей затрудняет процессы мониторинга их функционирования и усложняет процесс передачи технологической информации на более высокие уровни производства (рис. 1).

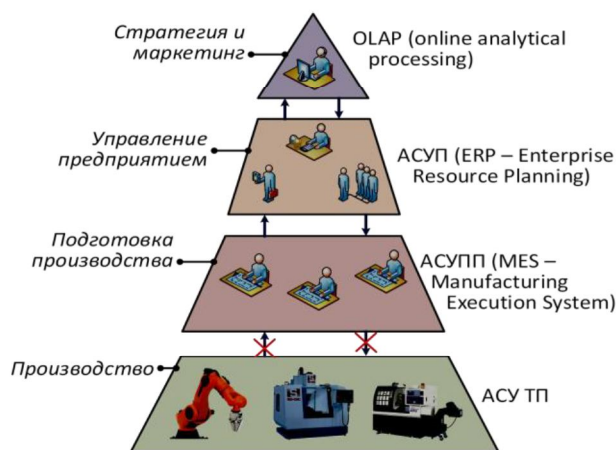


Рис. 1. Уровни построения современного цифрового производства

В работе для достижения поставленной цели предлагается создание решения в виде кроссплатформенного программно-реализованного контроллера, способного реализовывать сбор и обработку данных с разнородного технологического оборудования. Программно-реализованные контроллеры имеют ряд преимуществ перед стандартными аппаратными решениями, такими как гибкость настройки, низкая цена, возможность оперативной модернизации [11-12]. Общая структура построения предлагаемого решения показана на рис. 2 и может представлять собой как автономное решение, способное передавать в сеть различные диагностические данные, так и встроенное в систему управления более высокого уровня, например, систему ЧПУ.

Основная реализация предлагаемого решения лежит на прикладном уровне, и представляет собой

программно-вычислительный модуль, позволяющий подключаться к оборудованию различных типов, используя наиболее известные протоколы связи (EtherCAT, SERCOS, CANBus), и агрегировать информацию в единый Web сервер, откуда информация будет передаваться на более высокие уровни производства (SCADA, MES, удаленные клиенты).

На рис. 3 представлена архитектура построения основных модулей предлагаемого решения. В центральной части представлена реализация главного вычислительного модуля – ядра решения, функционирующего в режиме реального времени и осуществляющего сбор данных с оборудования различных видов. Данный модуль взаимодействует с терминальными клиентами, а также с аппаратными средствами автоматизации.

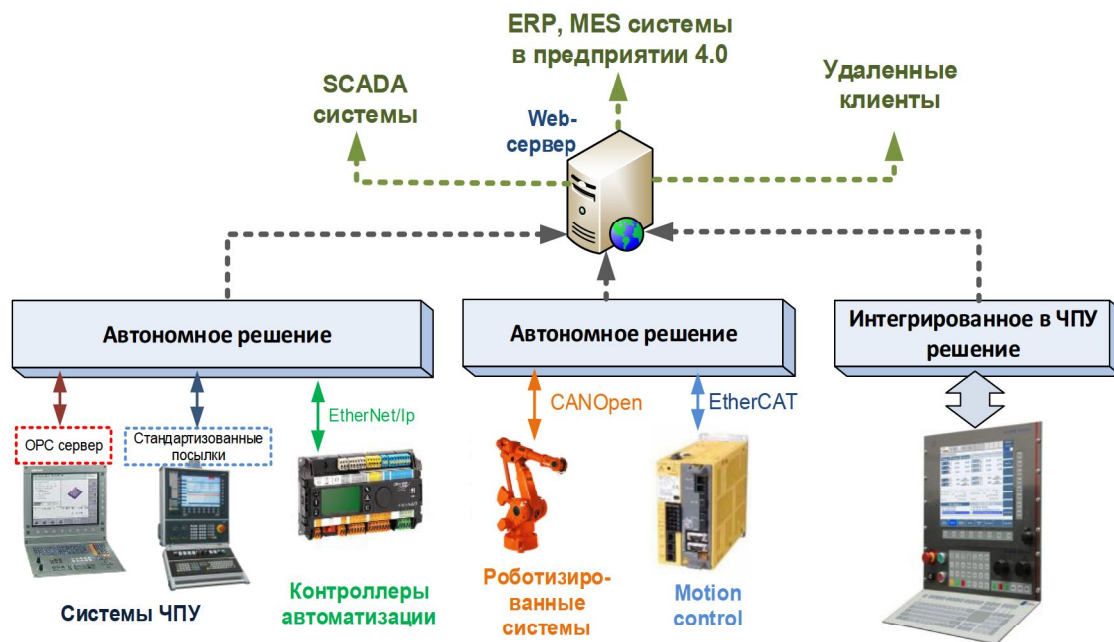


Рис. 2. Общий принцип функционирования предлагаемого решения



Рис. 3. Архитектура построения основных модулей предлагаемого решения

Основной задачей главного вычислительного модуля (ядра) решения является сбор данных в режиме реального времени с оборудования различных видов по различным промышленным протоколам связи (SERCOS, EtherCAT, CANBus). Для поддержки указанных протоколов связи была разработана собственная библиотека, реализующая единый универсальный интерфейс взаимодействия с аппаратными модулями. За счет внедрения подобных уровней абстракции реализуется гибкость, универсальность решения и возможность использования его с набором управляющего оборудования от различных производителей, что зачастую наблюдается на отечественных предприятиях даже в пределах одного цеха.

Что касается внутренней реализации ядра предлагаемого решения, то оно выполнено в соответствии с модульным подходом и его можно представить в виде следующих основных компонентов: терминальный модуль верхнего уровня пользовательского пространства, связующий клиенты HMI со структурами основных модулей ядра контроллера, математический модуль, где происходят основные вычисления (реализует также задачи логическую и диспетчеризации), модуль кроссплатформенности, модуль драйверов, функционирующий в адресном пространстве выбранной ОС. Данные модули реализованы на языке C++ с использованием методов объектно-ориентированного программирования. Оборудование для автоматизации, такое как системы ЧПУ, ПЛК, сервоприводы от различных производителей обычно предоставляют определенный ограниченный набор диагностической информации, по которой можно определять текущий статус и состояние его работы. На текущий момент производится адаптация решения к работе с системами ЧПУ NCT201 (NCT, Венгрия), Fanuc0i (Fanuc, Япония), а также сервоприводами IntDrive (Bosch Rexroth) и DS (NCT, Венгрия) и получению с них диагностических данных. Соответственно, перед использованием предлагаемого решения в штатном терминальном клиенте необходимо создать конфигурацию подключенного оборудования для его корректной идентификации и работы с ним.

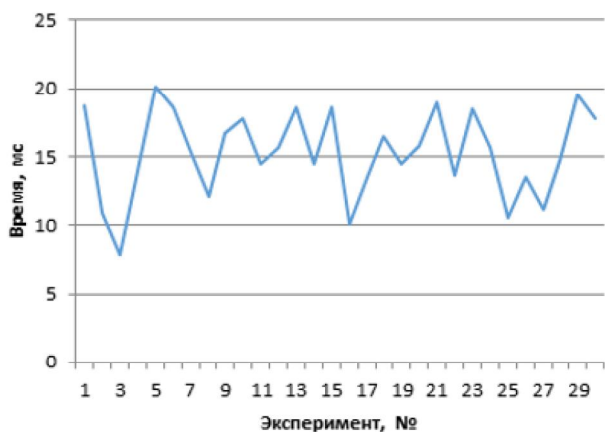
Помимо этого, одним из важных особенностей при разработке вычислительного ядра предлагаемого решения является его кроссплатформенность, как на системном, так и аппаратном уровнях. Это позволяет

использовать различную базу его построения и встраивать его в различные уже функционирующие системы. На системном уровне за счет использования кроссплатформенных библиотек, мьютексов, таймеров и функций-оберток и механизмов разделяемой памяти реализована возможность работы на различных операционных системах: семейства Windows, ОС на базе Linux, а также расширением систем Windows – систем RTX от компании Interval Zero [14-15]. Кроссплатформенность на системном уровне позволяет производить портирование модуля и на различные аппаратные платформы - реализована возможность работы главного модуля на процессорах различной архитектуры: x86 (Intel, AMD) или ARM, включая отечественные решения (Эльбрус 4С, Байкал-Т, М). Это позволяет использовать модуль как на персональных компьютерах, так и на одноплатных компьютерах, и строить независимые компактные устройства для автоматизации технологических процессов, с возможностью удаленного управления и доступа к данным, что является важным фактором при построении умных производств.

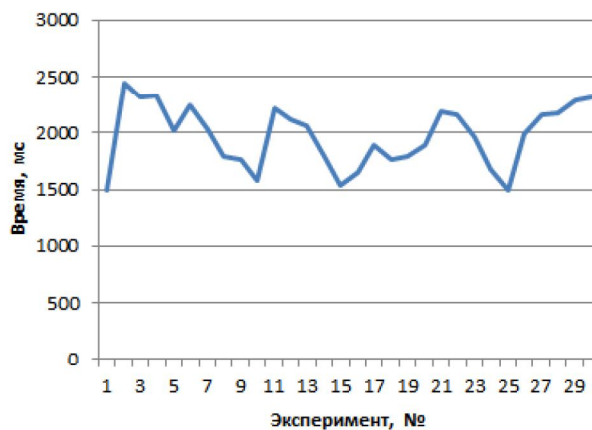
Программная реализация связи с терминальными клиентами (HMI) реализуется по стандартным протоколам TCP/IP и функционирует на уровне пользовательского пространства операционной системы, а взаимодействие с внешними устройствами реализуется в базовом адресном пространстве используемой операционной системы (на уровне драйверов). Таким образом разграничивается нагрузка на вычислительные мощности платформы исполнения между задачами обработки информации с использованием стандартных протоколов связи и общение с терминальными клиентами [13].

Таким образом, при выбранном подходе возможно решать следующие задачи:

- объединение разнородного оборудования в единое информационное пространство;
- мониторинг состояния работы оборудования;
- сбор информации о производительности оборудования и оператора;
- оперативное реагирование на внештатные ситуации;
- прогнозирование возможных аварийных ситуаций;
- возможность передачи информации о производстве на верхние уровни предприятия (соответствие концепции развития Индустрия 4.0);
- минимизация времени простоя оборудования.



а)



б)

Рис. 4. Тестовые испытания опроса элементов устройств в сети: а) 100 элементов; б) 1500 элементов

Практическая реализация и использование представленного решения на промышленных предприятиях позволят получить новый способ сбора и обработки информации с линии станков и другого технологического оборудования с использованием отечественных аппаратных и программных компонентов. Реализация принципов кроссплатформенности в решении позволит снизить, а в будущем и вовсе исключить зависимость от иностранных компонентов и тем самым обеспечить технологическую и информационную безопасность отечественных предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Martinov G.M. An Approach to Building a Multiprotocol CNC System / G.M. Martinov, A.B. Lyubimov, A.I. Bondarenko, A.E. Sorokoumov, I.A. Kovalev // Automation and Remote Control. – 2015 - Vol. 76, No. 1. – P. 172-178.
2. Martinov G.M. Real-Time Diagnosis and Forecasting Algorithms of the Tool Wear in the CNC Systems / G.M. Martinov, A.S. Grigoryev, P.A. Nikishechkin // Advances in Swarm and Computational Intelligence. – 2015 – Vol.9142. – P. 115-126.
3. Козак Н.В. Реализация логической задачи ЧПУ и задачи производственной безопасности на основе внешних вычислительных модулей Soft PLC / Н.В. Козак, Р.А. Абдуллаев, И.А. Ковалёв, Н.Ю. Червонова // Автоматизация в промышленности. – 2016. – №5. – С. 28-30.
4. Никишечкин А.П. Теоретические аспекты разработки программного комплекса для автоматизированной установки операционной системы реального времени "АxiOMA RTOS" / А.П. Никишечкин, Р.Л. Пушков, А.Н. Никич // Вестник МГТУ "Станкин". – 2016. – №3. – С. 78-81.
5. Абдуллаев Р.А. Практические аспекты реализации управления разнородным технологическим оборудованием электроавтоматикой в системах ЧПУ / Р.А. Абдуллаев // Вестник МГТУ "Станкин". – 2013. – №1(24). – С. 52-55.
6. Мартинов Г.М. Формирование базовой вычислительной платформы ЧПУ для построения специализированных систем управления / Г.М. Мартинов, Л.И. Мартинова // Вестник МГТУ "Станкин". – 2014. – №1(24). – С. 92-97.
7. Мартинов Г.М. Принципы построения кроссплатформенного программно-реализованного контроллера электроавтоматики систем ЧПУ высокотехнологичными производственными комплексами / Г.М. Мартинов, Р.А. Нежметдинов, А.С. Емельянов // Вестник МГТУ "Станкин". – 2013. – №1(24). – С. 42-51.
8. Мартинов Г.М. Принцип построения распределенной системы ЧПУ с открытой модульной архитектурой / Г.М. Мартинов, Н.В. Козак, Р.А. Нежметдинов, Р.Л. Пушков // Вестник МГТУ "Станкин". – 2010. – №4(12). – С. 116-122.
9. Григорьев С.Н. Система ЧПУ: современные вызовы, информационная и технологическая безопасность / С.Н. Григорьев, Г.М. Мартинов // Автоматизация в промышленности. – 2016. – №5. – С. 3-5.
10. Мартинов Г.М. Разработка средств визуализации и отладки управляющих программ для электроавтоматики, интегрированных в систему ЧПУ / Г.М. Мартинов, Р.А. Нежметдинов, П.А. Никишечкин // Вестник МГТУ "Станкин". – 2012. – №4(23). – С. 134-138.
11. Grigoriev S.N. An ARM-based Multi-channel CNC Solution for Multi-tasking Turning and Milling Machines / S.N. Grigoriev, G.M. Martinov // 7th HPC 2016 – CIRP Conference on High Performance Cutting. – Chemnitz, Germany: Procedia CIRP, 2016. – Vol. 46. – P. 525–528.
12. Мартинов Г.М. Построение специализированной системы ЧПУ для пятикоординатного строгально-фрезерного обрабатывающего центра / Г.М. Мартинов, Н.В. Козак // СТИН. – 2015. – №8. – С. 2-6.
13. Пушков Р.Л. Разработка программного комплекса для автоматизированной установки операционной системы реального времени «АxiOMA RTOS» / Р.Л. Пушков, С.В. Рыбников, А.Н. Никич // Труды XVI-ой международной молодежной конференции "Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM - 2016). Под ред. А.В. Толока. – Москва: ООО «Аналитик», 2016. – С. 177-181.
14. Григорьев С.Н. Проблемы, тенденции и перспективы развития систем числового программного управления технологических систем и комплексов / С.Н. Григорьев, Г.М. Мартинов // Автоматизация в промышленности. – 2013. – № 5. – С. 4-7.
15. Мартинов Г.М. Построение специализированной системы ЧПУ для пятикоординатного строгально-фрезерного обрабатывающего центра / Г.М. Мартинов, Н.В. Козак // СТИН. – 2015. – №8. – С. 2-6.

RESEARCH AND DEVELOPMENT A CROSS-PLATFORM SYSTEM FOR THE COLLECTION AND PROCESSING OF DIAGNOSTIC INFORMATION ABOUT WORKING TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FOR INDUSTRIAL ENTERPRISES

P.A. Nikishechkin¹, I.A. Kovalev², A.S. Grigoryev³, A.N. Nikich⁴
^{1,2,3,4}Moscow State University of Technology "STANKIN", Moscow, Russia

Abstract. The article presents the theoretical aspects of the development of solutions for the collection of diagnostic information about the process equipment operations, processing and transmission to higher levels of enterprise management. The structure of the construction of a cross-platform solution that enables to increase the level of information for the construction of modern industrial enterprises.

Keywords: technological-process automation, IT, data acquisition, controller, computer numerical control, CNC.

REFERENCES

1. Martinov G.M. An Approach to Building a Multiprotocol CNC System / G.M. Martinov, A.B. Lyubimov, A.I. Bondarenko, A.E. Sorokoumov, I.A. Kovalev // Automation and Remote Control. – 2015 - Vol. 76, No. 1. – P. 172-178.
2. Martinov G.M. Real-Time Diagnosis and Forecasting Algorithms of the Tool Wear in the CNC Systems / G.M. Martinov, A.S. Grigoryev, P.A. Nikishechkin // Advances in Swarm and Computational Intelligence. – 2015 – Vol.9142. – P. 115-126.
3. Kozak N.V. Implementation of logical CNC tasks and manufacturing safety problems on the basis of external computing modules Soft PLC / N.V. Kozak, R.A. Abdullaev, I.A. Kovalev, N.Y. Chervonnova // Automation in the industry. - 2016. - №5. - Page 28-30.
4. Nikishechkin A.P. Theoretical aspects of the development software for automated installation of the real time operating system "AxiOMA RTOS" / A.P. Nikishechkin, R.L. Pushkov, A.N. Nikich // Vestnik MSTU "STANKIN". - 2016. - №3. - Page 78-81.
5. R.A. Abdullayev Practical aspects of implementing management heterogeneous technological equipment electroautomatics in CNC systems / RA systems Abdullayev // Vestnik MSTU "STANKIN". - 2013. - №1 (24). – Page 52-55.
6. Martinov G.M. Forming the base CNC computing platform for building a specialized control systems /G.M. Martinov, L.I. Martinova // Vestnik MSTU "STANKIN". - 2014. - №1 (24). - Page 92-97.
7. Martinov G.M. Principles of building cross-platform software-implemented controller CNC systems with high-tech industrial complexes / G.M. Martinov, R.A. Nezhmetdinov, A.S. Emelyanov // Vestnik MSTU "STANKIN". - 2013. - №1 (24). - Page 42-51.
8. Martinov G.M. Principle of building distributed CNC system with open modular architecture / G.M. Martinov, N.V. Kozak, R.A. Nezhmetdinov, R.L. Pushkov // Vestnik MSTU "STANKIN". - 2010. - №4 (12). - Page 116-122.
9. Grigoriev S.N. CNC system: modern challenges, information and technological security / S.N. Grigoriev, G.M. Martinov // Automation in the industry. - 2016. - №5. - Page 3-5.
10. Martinov G.M. Development of visualization and debugging of control programs for electroautomatics integrated in the CNC system / G.M. Martinov, R.A. Nezhmetdinov, P.A. Nikishechkin // Vestnik MSTU "STANKIN". - 2012. - №4 (23). - Page 134-138.
11. Grigoriev S.N. An ARM-based Multi-channel CNC Solution for Multi-tasking Turning and Milling Machines / S.N. Grigoriev, G.M. Martinov // 7th HPC 2016 – CIRP Conference on High Performance Cutting. – Chemnitz, Germany: Procedia CIRP, 2016. – Vol. 46. – P. 525–528.
12. G.M. Martinov, N.V. Kozak Specialized Numerical Control System for FiveAxis Planing and Milling Center // Russian Engineering Research, 2016, Vol. 36, No. 3, pp. 218–222.
13. Pushkov R.L. Development of software package for the automated installation a real-time operating system «AxiOMA RTOS» / R.L. Pushkov, S.V. Rybnikov, A.N. Nikich // Proceedings of the XVI-th international youth conference "Systems design, technological preparation of production and management phases of industrial product life cycle (CAD/CAM/PDM - 2016).– Moscow, 2016. – P. 177-181.
14. Grigoriev S.N. Problems, trends and prospects of development CNC and technological complexes / S.N. Grigoriev, G.M. Martinov // Automation of Industry. - 2013. - № 5. - P. 4-7.
15. G.M. Martinov, R.A. Nezhmetdinov, A.U. Kuliev Approach to implementing hardware-independent automatic control systems of lathes and lathe-milling CNC machines //Izv.Vuz. Av. Tekhnika. 2016, no. 2, pp. 128–131.