

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ГЕТЕРОГЕННЫХ СИСТЕМ ЧПУ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫМИ ПРОИЗВОДСТВАМИ

С.Н. Григорьев, Г.М. Мартинов (МГТУ "Станкин")

Сформулированы требования, предъявляемые к системам управления децентрализованными производствами. Перечислены ключевые международные территориально-распределенные проекты в области промышленной автоматизации. Предложена единая концепция создания распределенной виртуальной производственной корпорации¹.

Ключевые слова: распределенная гетерогенная система ЧПУ, виртуальная производственная корпорация, децентрализованное производство, пул свободных производственных мощностей.

Ведение

Решение масштабной стратегической социально-экономической проблемы – технологического перевооружения и обеспечения технологической безопасности российского машиностроения, прежде всего, его высокотехнологических стратегически важных отраслей требуют новых подходов в организации производства [1]. Создание виртуальных производственных корпораций – один из таких подходов, так как он нацелен в первую очередь на объединение ключевых технологий и компетенции высококвалифицированных специалистов для наиболее полного и качественного удовлетворения спроса на потребительском рынке.

Виртуальная производственная корпорация – это on-line-объединение современных наукоемких информационно обеспеченных технических и технологических промышленных комплексов различных масштабов, реализующих ключевые стадии жизненного цикла машиностроительной продукции: автоматизированное проектирование, технологическую подготовку производства, планирование и управление производством, управление и организацию сбыта продукции, сервисное обслуживание, ремонт и утилизацию продукции.

Предпосылки для создания и внедрения распределенных гетерогенных систем ЧПУ децентрализованными производствами

Ряд негативных тенденций, сложившихся за годы спада экономики, породил противоречивую ситуацию в промышленности: с одной стороны – это кажущаяся избыточность технологического оборудования на предприятиях, которая проявляется в его невостребованности, а с другой – невозможность со стороны предприятий браться за выполнение производственных заказов из-за недостаточной технологической оснащенности, как правило, связанной с отсутствием ресурсов на обновление и технологическое перевооружение производства.

Действительно, сегодня дорогостоящее специализированное оборудование производственных предприятий (чаще всего импортное, приобретенное на государственные средства) не используется полноценно, а в ряде случаев используется лишь на 5...10%, тогда как в аналогичном оборудовании нуждаются другие заводы разных регионов России.

¹ Работа выполнена по Госконтракту № 02.740.11.0488 на проведение НИР в рамках ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 гг.

Для своевременного, качественного и эффективного выполнения производственных заказов на изготовление конкурентоспособной продукции необходимо с помощью современных сетевых технологий и механизмов защиты информации:

- создать возможность для оперативного размещения заказов на свободных производственных мощностях (независимо от их географического местоположения), входящих в состав виртуальной корпорации и объединенных в единую информационно-производственную сеть, например, через Internet;

- использовать общие центры подготовки производства, оснащенные передовым оборудованием, в которых сосредоточены высококвалифицированные специалисты, формирующие технологические решения при разработке маршрутов обработки и технологической оснастки и разрабатывающие сопутствующую документацию;

- использовать удаленные центры мониторинга и диагностики производственного оборудования для осуществления постоянного сетевого мониторинга производственных мощностей, проведения планового технического обслуживания оборудования и удаленной диагностики и технической поддержки оборудования;

- использовать центры дистанционного обучения и подготовки инженерных кадров, осуществляющие удаленную подготовку и переподготовку специалистов с помощью тренажеров и виртуальных приборов по общедоступной сети.

Решение задачи управления децентрализованными высокотехнологичными производствами в рамках виртуальных корпораций невозможно без применения распределенных гетерогенных систем ЧПУ и подготовки высококвалифицированных кадров для них.

За последние 15 лет в мире было запущено с разным успехом несколько международных проектов [2-4], в различной степени затрагивавших проблемы распределенного компьютерного управления технологическими системами:

- OMAC (Open Modular Architecture Controls, США);

- OSACA (European Open System Architecture for Controls within Automation Systems, Европа);

- OSEC (Japan Open System Environment for Controller Architecture, Япония);

Поздравляем МГТУ "Станкин" с 80-летием!

В 2010 г. Московский государственный технологический университет "Станкин" отмечает свое 80-летие.

В 30-е годы XX века рост станкоинструментальной промышленности нашей страны предопределял потребность в инженерах, конструкторах и технологах высокой квалификации. И в 1930 г. было создано первое в стране высшее учебное заведение для подготовки инженеров станкоинструментальной промышленности. С тех пор МГТУ "Станкин" известен как передовой центр по подготовке научно-педагогических и инженерно-технических кадров не только для России, но и стран ближнего и дальнего зарубежья.

В настоящее время университет располагает признанными научными школами, высококвалифицированными научными и профессорско-преподавательскими кадрами, широким набором специальностей для подготовки востребованных специалистов, современной промышленной и экспериментальной базой, партнерскими программами с ведущими научными и производственными объединениями.



Сердечно поздравляем МГТУ "Станкин" с юбилеем! Желаем университету дальнейшего развития и процветания, новых перспективных партнерских программ, инновационных проектов, научных достижений и весомых разработок, а всем сотрудникам - здоровья, личного счастья, благополучия и новых творческих успехов в деле подготовки инженерных кадров и развития отечественной промышленности и науки.

Редакция журнала "Автоматизация в промышленности"

- IROFA (Japan International Robotics and Factory Automation, Япония).

Известен также ряд перспективах распределенных проектов, поддерживаемых правительством США, по:

- развитию технологий гибкого производства (Technologies Enabling Agile Manufacturing – TEAM Project);

- разработке производственной операционной системы (Manufacturing Operating System – MOS);

- улучшению машинных контроллеров (Enhanced Machine Controller – EMC);

- созданию инструментальных контроллеров с открытой архитектурой (Open Architecture Machine Tool Controller – OAMTC),

- телеметрическим системам следующего поколения (Next Generation Inspection System II – NGIS).

Однако ни в одной из указанных работ так и не была сформирована единая концепция распределенного управления по причинам их разрозненности, неучета результатов смежных проектов, узкой ориентации на конкретные типы систем управления или предметные области (например, только для промышленных роботов или только для контроллеров автоматизации) [5]. Кроме того, при реализации этих проектов не придавалось должного значения предстоящей эволюции программной и компьютерной индустрии, а была попытка со стороны каждого проектного коллектива навязать свои не всегда высокоэффективные, но дорогие промышленные решения.

Формирование требований к распределенным системам ЧПУ

Появление открытых решений в области систем управления для традиционного станкостроения

подготовило плацдарм для нового витка развития – создания распределенных гетерогенных систем ЧПУ [6]. Потребность в них обусловлена необходимостью создания новых типов систем управления не только для металлообрабатывающих систем, но и для ряда других высокотехнологичных комплексов, к которым относятся электронно-лучевая сварка тонкостенных тугоплавких материалов для аэрокосмической индустрии, технология послойного лазерного синтеза изделий из металлических или керамических порошков и др.

Распределенная система управления строится на базе синтеза разнородных вычислительных компонентов, в качестве которых выступают традиционные системы управления (системы ЧПУ, ПЛК или контроллеры движения), промышленные компьютеры и специализированные системы управления. Специфика управляемого ТП требует распределенного их функционирования, то есть включения вычислительных компонентов в общую информационно-вычислительную среду через промышленные сети.

Ключевые требования к распределенным гетерогенным системам ЧПУ

- *Платформонезависимость* – портируемость ПО ядра системы ЧПУ и пользовательского интерфейса на разные программно-аппаратные платформы, в том числе применение одно- или двухкомпьютерных архитектурных решений.

- *Инвариантность* – многообразие вариантов аппаратно-программного исполнения распределенной системы, включая решения на базе собственного аппаратного обеспечения или покупной аппаратуры, а также смешанные варианты.

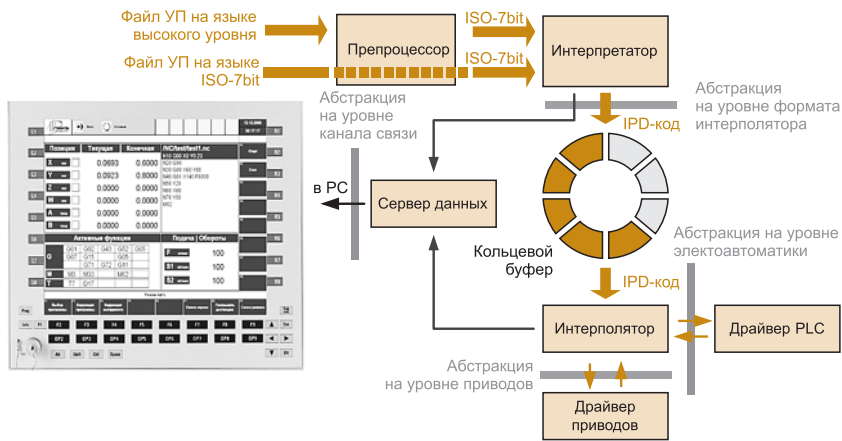


Рис. 1. Конвейер обработки управляющей программы в ядре системы ЧПУ

- **Открытость**, которая для разных этапов жизненного цикла систем управления имеет свое значение: для производителей систем ЧПУ — это, прежде всего, возможность встраивать готовые программные и аппаратные решения сторонних производителей; для станкостроителей — возможность разрабатывать собственный интерфейс оператора, создавать станочные циклы и интегрировать внешние диагностические решения под конкретный станок; для конечного пользователя — возможность реализовать собственные технологии, настраивать системы ЧПУ под конкретный ТП и встраивать прикладное ПО в систему ЧПУ.

- **Масштабируемость** — возможность наращивания функциональности системы ЧПУ посредством "клонирования" каналов управления и закрепленных за ними осей. На каждом канале запускается своя управляющая программа, а выполнение их происходит параллельно, что формально позволяет системе ЧПУ управлять на каждом канале отдельным станком. Чаще всего эта функциональность используется для многошпиндельной обработки или для совмещения черновой и чистовой обработки на одной технологической операции за один установ.

- **Многофункциональность** — адаптация одной и той же базовой системы управления для разного типа оборудования: токарных, фрезерных или шлифовальных станков, обрабатывающих центров или вы-

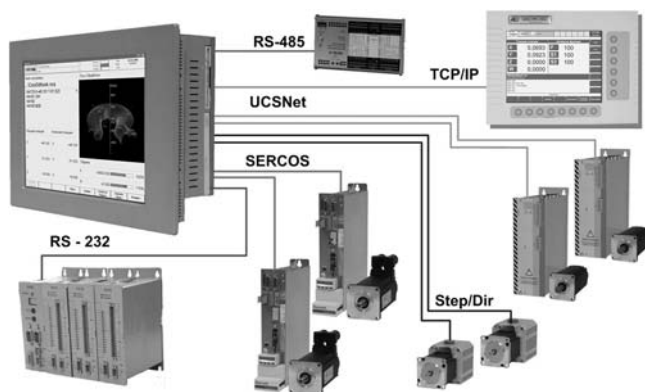


Рис. 2. Варианты комплектации систем Win PCNC

сокoэффеkтивных технологических комплексов, реализующих перспективные технологии обработки.

- **Конфигурируемость** — настраиваемость системы под разные технические, технологические и маркетинговые (в разные ценовые категории) задачи.

- **Модульность** организации аппаратно-программного обеспечения системы управления; без реализации данного требования невозможны масштабируемость, конфигурируемость и многофункциональность системы.

- **Распределенность** обеспечивается за счет клиент-серверной организации взаимодействия ядра системы ЧПУ с терминальной частью и за счет применения промышленных сетей для подключения контроллеров электроавтоматики и приводов. В результате система управления обладает распределенной системой ввода/вывода и возможностью децентрализованной обработки данных и управления исполнительными частями.

Архитектура распределенной гетерогенной системы ЧПУ

Формирование обоснованной архитектуры распределенной системы управления является основополагающим звеном технологического перевооружения промышленного предприятия. Это справедливо и для гетерогенной распределенной системы ЧПУ. Рассмотрим пример архитектуры системы ЧПУ с позиции сформулированных выше требований (рис. 1).

Управляющая программа (УП), подготовленная на языке ISO-7bit или языке высокого уровня, поступает в ядро системы ЧПУ, где конвейер обработки интерпретирует эту программу и переводит в формат интерполятора — IPD-код (Interpolation Data).

Далее IPD-код интерполируется, в результате чего формируются управляющие команды для приводов и электроавтоматики. Информация о ходе выполнения УП, текущем состоянии приводов и электроавтоматики передается серверу данных для отображения на экране пользователя.

Уровни абстракции реализуют свойство открытости данной архитектуры и обеспечивают независимость ядра системы ЧПУ от конкретной реализации разделяемого уровня.

Уровни абстракции:

- **интерпретатора** позволяет использовать любой язык описания обработки детали для передачи данных в интерpolator в формате IPD-кода;

- **канала связи** реализуется посредством потоковой передачи данных и обеспечивает подключение к ядру системы ЧПУ через сервер данных нескольких терминальных клиентов, в том числе и удаленных, подключенных через Internet;

- **приводов и электроавтоматики** обеспечивает независимость ядра системы ЧПУ от интерфейсов свя-

зи с контроллером приводов и электроавтоматики, кроме того она позволяет использовать один и тот же интерфейс (например, SERCOSS III) для контроллера электроавтоматики и контроллеров приводов.

Свойство инвариантности позволяет реализовывать комплектацию системы ЧПУ:

- для управления контроллерами приводов по промышленным сетям на базе интерфейсов SERCOS, Step/Dir, CanBus или USCNet (протокол, разработанный в МГТУ "Станкин");

- для управления контроллерами электроавтоматики по протоколам RS-232/485;

- для взаимодействия с удаленным одноплатным компьютером — по протоколу TCP/IP (рис. 2).

Виртуальная производственная корпорация: от теории к практике

Еще в конце XX века была выдвинута идея — "Проектирование и производство в любом месте", которая осталась только лозунгом из-за ограниченности сетевых ресурсов и соответствующего тому времени уровня развития систем ЧПУ. Современные достижения в области информационных технологий, Internet-средств и систем ЧПУ делают эту идею не просто востребованной, но реализуемой, в частности, в виде виртуальных производственных корпораций [7, 8]. На рис. 3 приведена схема реализации виртуальной производственной корпорации, создаваемой в рамках Научно-образовательного центра в области компьютерного моделирования и управления технологическими системами МГТУ "Станкин" и ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН (Москва).

Пользователь, входя через Internet в пул свободных производственных мощностей, размещает свой заказ на производство продукции. Проектное подразделение в лице Лаборатории "Компьютерная графика и специализированные технические и программные средства" ИПУ РАН разрабатывает CAD/CAM модели изготавливаемого изделия. В случае необходимости для согласования с заказчиком или проверки корректности модели изготавливается 3D-прототип изделия с помощью систем быстрого прототипирования. Исходя из типа систем ЧПУ станками (оборудованием), на которые размещается заказ, посредством постпроцессора генерируется соответствующая управляющая программа и отправляется по сети для изготовления детали в Государственном инженеринговом центре (ГИЦ) МГТУ "Станкин".

Сложность и дороговизна современного технологического оборудования с ЧПУ требует дистанционного

*Говорят, что труд убивает время,
добавим, что виртуальная производственная
корпорация убивает пространство;
но и время, и пространство, несколько от этого
не уменьшаясь, продолжают служить человечеству...*

Ремейк по фразе Козьмы Пруткина

мониторинга и удаленной диагностики. Квалифицированную техническую поддержку по Internet или Intranet-сетям оказывают производители систем ЧПУ или специализированные центры, в качестве такового выступает Научно-исследовательская лаборатория компьютерных систем управления МГТУ "Станкин".

Сложная on-line организация производственных мощностей реализуется на базе распределенной гетерогенной системы управления, которая позволяет удаленно управлять и диагностировать технологическое оборудование, быстро его перенастраивать и перенастраивать на новые технологические задачи с учетом его загруженности и графика планового технического обслуживания, вести протокол производственной деятельности.

Предложенные идеи и накопленные в рамках реализации проекта знания, нашедшие применение в экспериментальном производстве МГТУ "Станкин", могут быть распространены для разных отраслей промышленности.

Заключение

Внедрение и развитие распределенных гетерогенных систем ЧПУ децентрализованными производствами раскрывают широкие возможности по оптимальному использованию производственных и кадровых ресурсов, которыми располагают высокотехнологичные производства, а именно:

- реализовать принцип "Проектирование и производство в любом месте", позволяющий выстроить после-

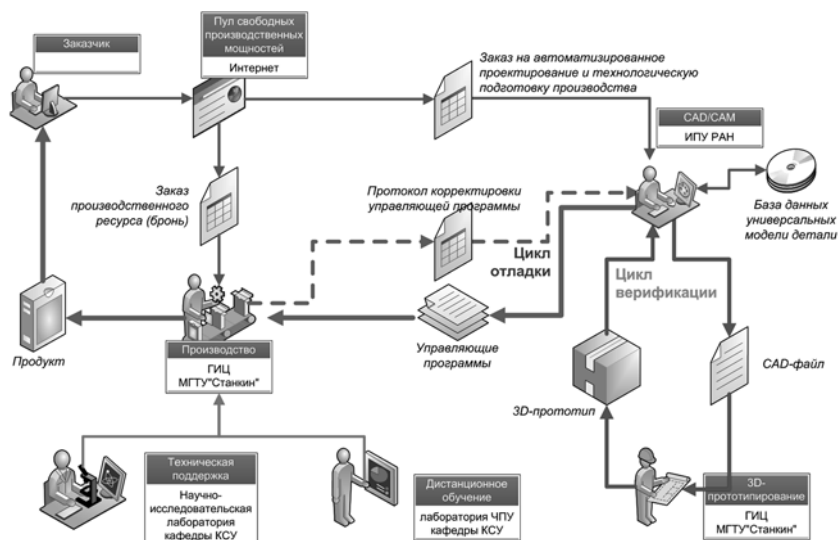


Рис. 3. Примерная схема реализации виртуальной производственной корпорации

довательность от проектирования изделия, подготовки управляющей программы и ее отладки до изготовления и контроля изделия, с учетом распределенности производственных, вычислительных и кадровых ресурсов;

- используя возможности Internet, оперативно размещать производства на свободных мощностях виртуальных корпораций, объединенных в единую производственную сеть независимо от их территориального расположения, повышая тем самым коэффициент использования дорогостоящего специализированного оборудования;

- сохранить децентрализованность производств с учетом демографических факторов, сделав оптимально востребованным труд высококвалифицированных технических специалистов по месту их проживания;

- используя имеющиеся вычислительные системы, сети и проложенные сетевые коммуникации создать единую распределенную информационную среду на базе принятых стандартов и программных технологий;

- реализовать распределенные системы сбора и обработки технологической информации, обеспечив эффективный межкорпорационный информационный обмен конструкторской и технологической документацией;

- осуществить системную информационную и технологическую поддержку производства;

- консолидировать существующие наработки в области автоматизации ТП и создания открытых систем ЧПУ мехатронными системами;

- снизить издержки производства посредством решения задач удаленной технической поддержки, диагнос-

тики и наладки технологических систем, сократив вынужденные простои из-за ремонта оборудования посредством централизации планового обслуживания и удаленного мониторинга состояния технологических систем;

- выстроить систему дистанционного обучения и переподготовки технических специалистов;

- управлять санкционированным доступом к информационным ресурсам с учетом прав пользователей.

Список литературы

1. Григорьев С.Н. Программа развития национального исследовательского технологического университета // Вестник МГТУ "Станкин" №4 (8), 2009.
2. Pritschow G., Altintas Y., Jovane F., Koren Y., Mitsubishi M., Takata S., van Brussel H., Weck M. and Yamazaki K. Open Controller Architecture – Past, Present and Future. CIRP Annals. 2001. 50(2).
3. Min B.-K, Huang Z., Pasek Z., Yip-Hoi D., Husted F., and Marker S. (2002) Integration of Real-Time Control Simulation to a Virtual Manufacturing Environment. International Journal of Agile Manufacturing, v. 1(1).
4. Asato O. L.; Kato E. R. R.; Inamasu R. Y.; Porto A. J. V. Analysis of open CNC architecture for machine tools // J. Braz. Soc. Mech. Sci. vol.24 no.3 Rio de Janeiro July 2002.
5. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Системы числового программного управления. М. Логос, 2005.
6. Мартинов Г.М., Мартинова Л.И. Анализ систем ЧПУ, представленных на Международной выставке "Металлообработка-Технофорум-2009", их новизна и особенности // Автоматизация в промышленности. 2009. №12.
7. Григорьев С.Н. и др. Обработка резанием в автоматизированном производстве. М.: Машиностроение. 2008.
8. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Программирование систем числового программного управления. М. Логос. 2008.

Григорьев Сергей Николаевич — д-р техн. наук, проф. ректор МГТУ "Станкин",

Мартинов Георгий Мартинович — д-р техн. наук, проф.

зав. кафедрой "Компьютерные системы управления" МГТУ "Станкин".

Контактный телефон (499) 972-94-40.

E-mail: book@ncsystems.ru Http://www.stankin.ru / www.ncsystems.ru

Семинар по компьютерному моделированию и управлению технологическими системами

В феврале 2010 г. научно-образовательный центр в области компьютерного моделирования и управления технологическими системами, созданный МГТУ "Станкин" и ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова, провел научный семинар по проблемам компьютерного моделирования и управления технологическими системами и по вопросам практического применения научных разработок в промышленном производстве.

В рамках семинара докладывались материалы по темам: "Инструментальные средства для специализированных систем виртуальной реальности", "Система аналитического проектирования объектов машиностроения", "Структуры данных и теоретические основы синтеза структур систем автоматизированного проектирования", "Многофункциональная система управления с открытой модульной архитектурой", "Промышленные системы управления в ключевых проектах МГТУ "Станкин", "Инновационные средства модернизации универсального станочного оборудования", "Системы диагностики

технологического оборудования", "Магнито-резистивные датчики и их применение".

В аспекте реализации долгосрочной программы, направленной на обеспечение технологической независимости и конкурентоспособности российского машиностроения, на семинаре обсуждалась возможность практического применения представленных научно-исследовательских разработок, в частности, в установках с ЧПУ для послеполного синтеза из порошковых материалов, станках для гидроабразивной резки, пятикоординатных обрабатывающих центрах для комплексной механической и лазерной обработки прецизионных сложнопрофильных деталей, для гаммы зубофрезерных станков и гаммы промышленных роботов с ЧПУ, координатно-измерительных машин с ЧПУ, а также для ряда других НИОКР, которые МГТУ "Станкин" выполняет совместно с ОАО "Красный пролетарий", ОАО "АВТОВАЗ", ОАО "НИАТ", ОАО "СМЗ", ОАО "ЭНИМС", ОАО НПО "ЦНИИТ-МАШ", ФГУП "ГосНИИАС", ФГУП ММП "Салют".

Http://www.ncsystems.ru / lab18.ipu.ru

