

Рис. 1. Виды систем управления технологического оборудования

Контроллеры цифровых следящих приводов реализуются по одному из двух основных стандартов PROFIBUS (фирма Siemens на этой шине реализует также закрытый протокол MPI для управления приводами) или SERCOS (Serial Real-time Communication System) [2]. Следует отметить, что компания Rexroth реализовала SERCOS стандарт для контроллеров гидро- и пневмоприводов таким образом, что системы управления верхнего уровня (ЧПУ, PLC или MC) могут «не догадываться» с каким конкретно типом привода работают.

PAC-системы возникли как гибрид контроллера электроавтоматики и персонального компьютера. Они решают порядка 20 % задач электроавтоматики, которые раньше вообще не решались или решались не полностью [3].

Следует отметить, что рассматриваемые системы управления имеют немало сходств, и области решаемых ими задач частично перекрывают друг друга, т.е. нет четких границ между видами систем управления. Если, например, системы ЧПУ и системы RC имеют четкие различия по способу интерполяции, то границы между системами MC и PAC весьма размыты, тем более что задачи MC не редко решаются и PLC контроллерами, а иногда и системами ЧПУ.

В силу сложности набора реализуемых функциональностей в системе ЧПУ решаются в ограниченном объеме задачи MC и управление электроавтоматикой, в том числе задачи PAC-контроллеров. Это дает возможность рассматривать систему ЧПУ как обобщенный представитель систем управления.

Архитектурные решения и программные технологии на примере систем ЧПУ.

По типу архитектуры насчитывают пять классов систем ЧПУ [4]. Первый из них – класс CNC – не предусматривает использования персонального компьютера (рис. 2). Второй класс – PCNC-1 (Personal Computer Numerical Control) использует компьютер только для решения терминальной задачи.

Класс PCNC-2 предполагает использование двух компьютеров, на первом из них располагается ядро системы ЧПУ, работающее в реальном времени, а на втором – терминальная часть. К этому классу относятся современные системы ЧПУ, обладающие самыми мощными вычислительными ресурсами, такие как SINUMERIK 840D (Siemens), Typ3-osa (Bosch), PA8000 (Power Automation), Andronic 2000 (Andron).

Четвертый класс систем – PCNC-3 – реализован на базе компьютера реального времени в виде одноканального контроллера встраиваемого, например, по стандартной шине PCI. К этому классу относятся системы ЧПУ PMAC (Delta Tau) PNC (Bosch), MTX (Indramat). По сути PCNC-3 мало чем отличается от PCNC-2. Использование Intel-архитектуры предполагает минимальные затраты при переходе с PCNC-2 на PCNC-3, как и появилась система PNC на базе Typ3-osa. Но если компьютер реального времени сделан на базе RISK-архитектуры, например, SINUMERIK 840D или PA8000, то переход с PCNC-2 на PCNC-3 обусловлен необходимостью создания собственного схемотехнического решения.

	Терминальная часть	Ядро системы ЧПУ
CNC	Специальный процессорный модуль. Внешний контроллер электроавтоматики	
PCNC-1	Персональный компьютер	Специальный процессорный модуль. Одноплатный контроллер электроавтоматики
PCNC-2	Персональный компьютер	Персональный компьютер. Программно-реализованный контроллер электроавтоматики
PCNC-3	Персональный компьютер	Встроенный одноплатный компьютер. Программно-реализованный контроллер электроавтоматики
PCNC-4	Персональный компьютер. Программно-реализованный контроллер электроавтоматики	

Рис. 2. Архитектурные решения систем ЧПУ

Пятый класс систем – PCNC-4 – реализует ядро реального времени и терминальную часть на одном компьютере. Хотя эти системы способны справиться более чем с 60 % задач, существующих на рынке, их развитие сдерживается недостаточной для многокоординатной обработки скульптурных поверхностей вычислительной мощностью процессора. Другое узкое место – это разрешение таймера для расширения реального времени RTX (Real Time eXtension) на сегодня это 100 мкс, что вполне достаточно при использовании цифровых или шаговых приводов, но находится на пределе возможностей по управлению аналоговыми следящими приводами. Выход состоит в использовании интеллектуального контроллера, который будет осуществлять более мелкое дробление временных интервалов и самостоятельно осуществлять автономное управление, но это шаг назад – в сторону PCNC-3.

Последние несколько лет обособилось интересное направление SoftCNC – система ЧПУ, распространяемая на компакт-диске и предполагающая использование стандартной PC-аппаратуры. Перспективность этого направления обуславливает открытость программного обеспечения и сложившаяся тенденция использования готовых аппаратных решений, имеющих на рынке сторонних производителей.

Если архитектура систем ЧПУ перетерпела столь бурное развитие лишь за последние 15–20 лет, то развитие программного обеспечения систем управления оказалось на порядок быстрее. Практически каждые 1,5–2 года европейским разработчикам систем управления приходится применять новые технологии, менять компиляторы и среду разработки, переходить на новые программные платформы. Де-факто стандартом разработки ядра систем ЧПУ стал язык C++, и только в редких случаях остался язык C (рис. 3). При разработке терминальной части используют языки C++, VB, редко – Delphi, и довольно часто – смешанное решение, созданное на базе нескольких языков. В пользовательском интерфейсе, построенном на независимой платформе, стал очевиден отход от Java решения в пользу .NET, а доминирующим языком разработки стал язык C++.

Начиная с конца 90-х гг. XX в. широко применяется компонентный (COM- Component Object Model) подход, позволяющий маскировать аппаратные особенности при создании программного обеспечения и реализовать распараллеливание процесса разработки [5].

При организации машинных параметров систем управления нашла применения технология XML (eXtensible Markup Language). Ориентация на XML позволила использовать готовый программный инструмент для работы с данными. В качестве иллюстрации можно привести пример системы ЧПУ, сконфигурированной с двумя каналами и восемью осями, которая имеет более 20 000 машинных параметров – и это не предел. Два года назад фирма Siemens презентовала на ЕМО систему ЧПУ с 64-мя осями, что вызывало непонимание специалистов из-за большого числа приводов, но таким образом фирма продемонстрировала возможности ядра системы. Современные системы обладают теоретически 12-ю каналами и 64-мя осями. Для работы с таким количеством данных применяются быстродействующие разборщики, как MSXML Parser, LibXML (Open Source), или разборщик, встроенный в .NET.

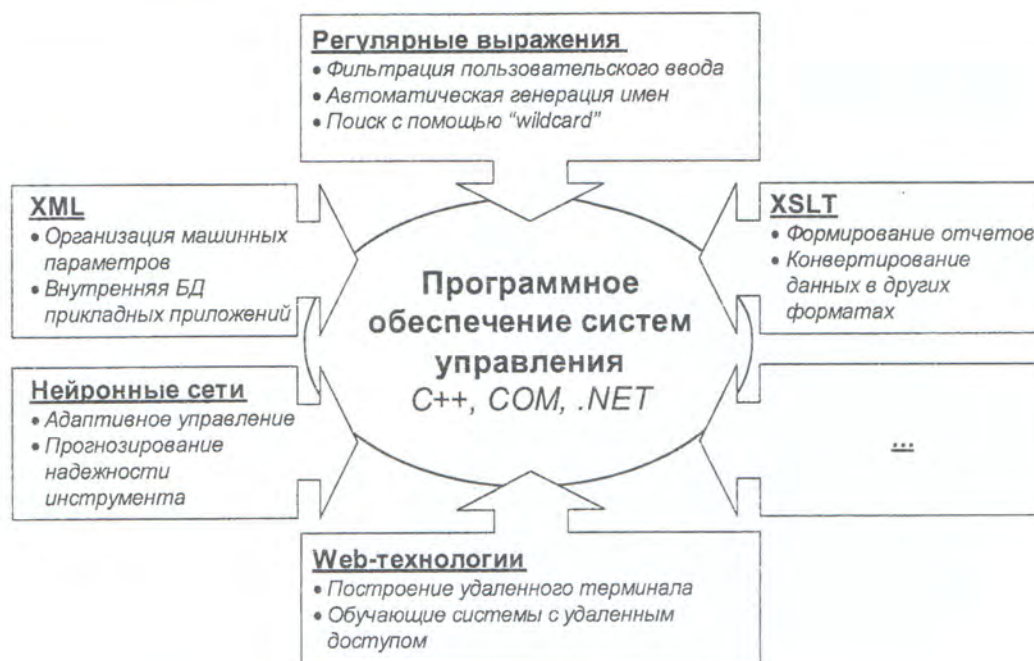


Рис. 3. Перспективные технологии разработки

Технологию XSLT используют для генерации отчетов о состоянии машинных параметров или от сигналов проведенных диагностических измерений и настройках привода. С помощью XSLT также осуществляется конвертирование данных с одного формата в другой.

Сегодня Web-технологии используют для построения удаленного терминала системы управления [6]. При этом с помощью скрипта и встроенного Internet-сервера в ядре генерируются экраны пользовательского интерфейса в стандартных браузерах.

Применение регулярных выражений в системах управления позволило унифицировать решение таких задач, как проверка на корректность и фильтрация пользовательского ввода значения, автоматическая генерация имен, поиск с использованием wildcards [7].

С помощью нечеткой логики и нейронных сетей сегодня решаются задачи адаптивного управления и прогнозирования надежности инструмента.

Этот небольшой список иллюстрирует практически неограниченные возможности применения технологий смежных областей, и именно здесь следует ожидать новые научные прорывы.

Специфика российского рынка автоматизации

Потребность в модернизации отечественного станочного парка колоссальная, само оборудование находится в удовлетворительном состоянии, но системы управления морально и физически устарели.

На российском рынке сложилась курьезная ситуация: востребованы сложные дорогие системы ЧПУ для производства высокотехнологичной продукции и очень дешевые системы для модернизации устаревших станков, а потребность в системах средней ценовой категории, которые стимулируют процесс производства систем ЧПУ, практически отсутствует.

Вследствие этого – незавидная ситуация у отечественных производителей систем управления: хотя выходные параметры их систем устраивают большую часть потребителей, ключевые архитектурные решения, сервис оператора, аппаратные возможности находятся на уровне начала 90-х годов прошлого века. В их системах используется ОСРВ на базе DOS или ей подобных, интерфейс оператора скуден, все новшества области персонального компьютера, как, например, запуск управляющей программы с flash-карты или ее передача по беспроводной сети, недоступны или для их реализации требуются несоизмеримые затраты на разработку.

Сегодня все еще существует довольно безболезненный способ выхода из сложившейся ситуации. Нужно перенести реальное время на одноплатный компьютер и использовать второй компьютер под управлением ОС MS Windows или Linux для интерфейса с оператором и реализовать связь между обоими

компьютерами, например, по TCP/IP каналу. Разделив таким образом интерфейс оператора от реального времени, решают задачи использования всех нововведений для современных компьютеров и сохранения подавляющей части инвестиций, вложенных в разработку ядра, финансово обезопасив себя на обозримое будущее.

Учитывая динамику развития систем управления и специфику российского рынка, можно судить о сложности задач, стоящих перед высшим профессиональным образованием в этой сфере.

Системы управления, представленные на рис. 1, отражают потребность в специалистах по автоматизации на современном российском рынке и определяют направления подготовки и востребованную область знаний выпускников кафедры Компьютерных систем управления МГТУ «Станкин».

Научная школа кафедры «Компьютерные системы управления»

Выполняемый кафедрой широкий спектр фундаментальных научных исследований по проблемам числового программного управления на основе персонального компьютера носят как общепризнанный, так и пионерский характер, при этом ряд разработок имеют коммерческое распространение. Например, специальная версия разработанной нами однокомпьютерной системы ЧПУ WinPCNC под названием ArtNC была адаптирована под задачи лазерной графики (рис. 4). Применение ArtNC позволило в два раза сократить время обработки при сохранении качества изделия.

Сегодня кафедра располагает самым прогрессивным в России «ноу-хау» в области систем ЧПУ. Это формирует ключевые задачи кафедры в области научно-исследовательских работ:

Прогнозирование и формирование современных тенденций развития компьютерных систем управления.

Внедрение в учебный процесс полученных в ходе научных исследований результатов после прохождения соответствующей апробации. Именно этим обстоятельством обеспечивается оригинальность и востребованность большинства курсов, преподаваемых на кафедре.

В области профессионального образования МГТУ «Станкин» продемонстрировал на выставке MASHEX-2007 созданный на кафедре учебно-тренажерный комплекс системы ЧПУ WinPCNC AE (Academic Edition) [8]. Предусмотренные широкие возможности по комплектации и компоновке комплекса позволяют предлагать потребителям решения в разных ценовых категориях.

- Академическую версию WinPCNC AE с симулятором реального времени можно установить на любом офисном компьютере с операционной системой Windows XP. Это недорогое решение позволяет использовать имеющуюся в учебных заведениях офисную технику. Лицензия поставляется на CD-ROM вместе с программным и методическим обеспечением. Аналогом подобного решения является продукт SinuTrain фирмы Siemens.

- Решение в средней ценовой категории содержит полноценную версию WinPCNC Pro с поддержкой реального времени и возможностью подключения контроллера следящих приводов и внешнего контроллера электроавтоматики SIMATIC S7-200 фирмы Siemens; его можно установить как на промышленном, так и на офисном компьютере.

- Полновесное решение включает стенд на базе промышленного компьютера с контроллером следящих приводов на три координаты и внешним контроллером электроавтоматики. Стенд позволяет подключать следящие приводы подачи или использовать шаговые приводы.

Базовые модели комплектуются набором стандартных циклов для сверлильно-фрезерной или токарной группы по выбору заказчика.

Партнерская программа с Siemens позволила кафедре обучить за прошлый год порядка 80 специалистов более чем из 20 регионов России по программированию современных систем ЧПУ Sinumeric 840D/Di. Дополнительно совместно с фирмой Siemens был создан и запущен уникальный курс «Практикум программирования многокоординатных станков с использова-

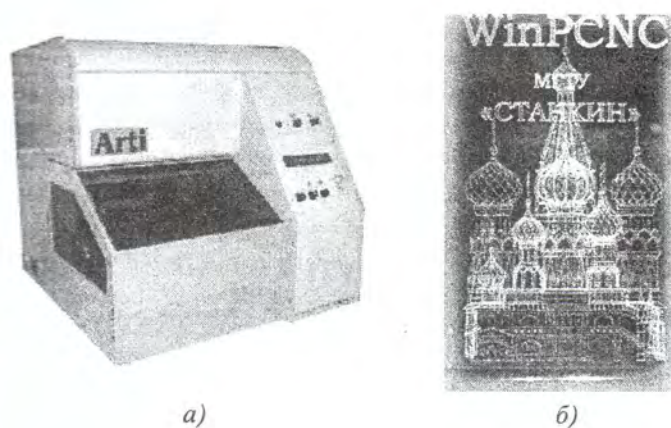


Рис. 4. Применение системы ЧПУ ArtNC:
а – настольный станок для лазерной графики;
б – готовое изделие

ем фреймов и слайнов системы ЧПУ SINUMERIK 840D/Di», ориентированный на потребности российского рынка в выпуске высокотехнологичной продукции [9, 10].

Созданный пакет учебных программ по подготовке специалистов в области проектирования и разработки систем управления позволяет утвердить лидирующие позиции кафедры по направлению 220300 «Автоматизированные технологии производств». Процесс обучения поддержан учебными пособиями кафедры: «Системы числового программного управления» и «Программирование систем числового программного управления» (укомплектованным CD-ROM-ом «Практикум по программированию систем ЧПУ»), выпущенными издательством «Логос», а также учебниками, учебными пособиями, и методическими руководствами, выпущенными издательством МГТУ «Станкин».

Силами научно-исследовательской лаборатории систем ЧПУ в 2002 г. был создан и развивается сайт w.ncsystems.ru, посвященный исключительно проблематике систем управления. Четверть миллиона посещений и непрерывный рост рейтинга сайта свидетельствуют об актуальности этого проекта. Регулярные просы наших выпускников показывают, что 95 % из них постоянно пользуются сайтом, 60 % считают его заменимым при подготовке в учебном процессе. В рамках этого проекта разработаны и свободно распространяются мультимедийные обучающие программы по системам ЧПУ.

Заключение

В ближайшее время следует ожидать продолжения научного прорыва в области программного обеспечения. Этому способствует, с одной стороны, интенсивное возрастание вычислительных возможностей РС, с другой – стремительное развитие программных технологий. Потребность российского рынка в специалистах по системам управления будет только возрастать, и вузы должны перестроить свой учебный процесс, с тем, чтобы максимально удовлетворить этот запрос на профессиональном уровне.

Библиографический список

1. **Мартинов Г.М., Козак Н.В.** Декомпозиция и синтез программных компонентов электроавтоматики // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2006. №12. С. 4–11.
2. **Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М.** Архитектоника цифровых следящих приводов подач технологических машин // Мехатроника, автоматизация, управление. 2005. №10. С. 24–30.
3. **Мартинов Г.М., Мартинова Л.И.** Программируемые контроллеры автоматизации РАС (Programmable Automation Controller). Эволюция, проблемы, тенденции развития // Стружка. 2007. № 4. С. 40–43.
4. **Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М.** Системы числового программного управления: учеб. пособие. М. Логос, 2005. 6 с.
5. **Мартинова Л.И., Мартинов Г.М.** Практические аспекты реализации модулей открытой системы ЧПУ // Автоматное электрооборудование, 2002. № 3. С. 31–37.
6. **Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М.** Построение интерфейса оператора систем ЧПУ с привлечением web-технологий // Мехатроника, автоматизация, управление. 2007. № 10. С. 41–44.
7. **Мартинов Г.М., Сосонкин В.Л.** Перспективные технологии разработки математического обеспечения систем управления: использование регулярных выражений // Мехатроника, автоматизация, управление. 2006. № 2. С. 40–46.
8. **Мартинов Г.М.** Академическая версия системы ЧПУ WinPCNC // Инструмент, технология, оборудование. № 8. 2007. С. 62–64.
9. **Мартинов Г.М., Сосонкин В.Л.** Проблемы использования сплайновой интерполяции в системах ЧПУ при обработке скульптурных поверхностей // Автоматизация в промышленности. 2006. № 11. С. 3–9.
10. **Мартинова Л.И., Мартинов Г.М.** Сплайн-контуры в системе ЧПУ // Стружка. 2007. № 1. С. 74–77.

Мартинов Георгий Мартинович, зав. кафедрой «Компьютерные системы управления»,

д-р техн. наук, проф.

E-mail: martinov@ncsystems.ru