

## УДК 62-503.5

### СИСТЕМЫ ЧПУ С ОТКРЫТОЙ АРХИТЕКТУРОЙ

Тупикин Вадим Романович <sup>(1)</sup>, Элькин Яков Владимирович <sup>(2)</sup>

*Студент 4 курса <sup>(1)</sup>, студент 4 курса <sup>(2)</sup>,*

*кафедра «Металлорежущие станки»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: А.Г. Ягопольский,*

Развитие технологии цифровых схем, ведущее к повышению скорости и надежности, позволило разработать контроллеры машин, адаптированные к новым производственным системам (например, Flexible Manufacturing Systems - FMS). Большинство контроллеров разрабатываются в соответствии с технологией ЧПУ соответствующего производителя станков. Любые изменения или адаптация их компонентов нелегко осуществить. Разработчики машины сталкиваются с аппаратными и программными ограничениями, такими как отсутствие взаимодействия между элементами системы и невозможность добавления новых функций. Это связано с несовместимостью оборудования и программным обеспечением, не позволяющим вносить изменения в исходную программу.

Внедрение философии открытой архитектуры способствовало развитию нового поколения цифровых контроллеров. Это привело обычную технологию ЧПУ к стандартному микрокомпьютеру IBM - ПК. Как следствие, характеристики ЧПУ (позиционирование) и микрокомпьютера (простота программирования, конфигурация системы, сетевое взаимодействие и т.д.) Объединяются. Некоторые исследователи обратились к гибкой структуре программного и аппаратного обеспечения, позволяющей вносить изменения в базовую конфигурацию аппаратного обеспечения и все уровни управляющего программного обеспечения

Признаки нового поколения систем ЧПУ. Очередная смена поколений существенно меняет потребительские свойства, структуру, архитектуру и математическое обеспечение систем ЧПУ. Огромный опыт, накопленный в области ЧПУ мехатронными системами, серьезно пересматривается под давлением производителей мехатронного оборудования и конечных его пользователей. В свою очередь производители систем ЧПУ прекрасно понимают, что простая эволюция традиционных решений приведет к потере рынка и полному их забвению. Внешние причины подобной ситуации состоят в увеличении разнообразия мехатронных систем, ориентированных на решение специфических задач (разнообразные технологические машины, роботы, испытательные стенды и др.), расширение зоны активности оператора мехатронного оборудования, росте привлекательности персональных систем ЧПУ типа PCNC. Однако есть и глубинная внутренняя причина -внедрение новой объектно-ориентированной технологии, без которой создание мультимегабайтного программного обеспечения систем ЧПУ просто невозможно. Подобную технологию используют не только на уровне программирования (для повышения надежности и обозримости математического обеспечения), но и на уровне макропроектирования системы: основные модули определяют как «вложенные объекты», отношения между которыми носят клиент-серверный характер. Одним из вариантов общего решения является выделение глобального сервера - программной (виртуальной) шины, которая служит основным средством межмодульной коммуникации.

Принципиальной особенностью системы ЧПУ типа PCNC является использование открытой архитектуры, которая предполагает:

- Взаимодействие: благодаря связи стандартной семантики данных;
- Совместимость: одна и та же функция компонентов от разных производителей;
- Портативность: простота переноса прикладного программного обеспечения из одной среды в другую.
- Масштабируемость: способность системы увеличиваться или уменьшаться в зависимости от спроса

Остановимся более подробно на использовании принципов системной интеграции. Известны принципы реализации тотального информационного сервиса на уровне предприятия, когда интегрируют многочисленные приложения и коммерческие инструментальные средства (базы данных, САД-САМ системы и др.), чтобы собрать целостную систему. При правильной организации системной интеграции внимание концентрируют на доступе к данным, но не на структурах и типах этих данных. Таким образом, возникает проблема доступа приложений к данным любого компонента производственной системы. Трудности состоят в бесконечном множестве коммерческих и пользовательских приложений, располагающих собственными интерфейсами и написанных на различных языках программирования. Трудности могут быть преодолены на основе концепции OLE/COM компании Microsoft. Эта концепция была использована при разработке европейского проекта OPC. Цель проекта состояла в определении стандартной клиент-серверной архитектуры и спецификаций COM-интерфейсов, обеспечивающих унифицированный доступ к данным, независимо от их типа и структуры. Таким образом, акцент был сделан на интеграцию, построенную на передаче данных (в том числе управляющих состояниями), а не на прямом управлении компонентами системы. Обратимся теперь к области ЧПУ мехатронными системами. Основная задача при разработке систем типа PCNC нового поколения состоит в наиболее полном использовании принципов открытой архитектуры. Международные программы OSACA и другие не справились до конца с этой проблемой. Между тем ее решение состоит в использовании лучших достижений системной интеграции больших систем. В самом деле, математическое обеспечение системы ЧПУ содержит оригинальные программные компоненты производителя, компоненты, заказанные у других компаний, готовые коммерческие продукты, компоненты заказчика и конечного пользователя. При этом система должна сохранять все признаки открытой архитектуры. В архитектуре PCNC с наименьшим успехом могут быть использованы принципы OLE/COM и некоторые спецификации OPC, как при разработке отдельных модулей, так и на уровне макропроектирования всей системы в целом.

Модульная архитектура систем ЧПУ на прикладном уровне. Архитектура на прикладном уровне определяется количеством и составом прикладных разделов, называемых задачами управления. В числе подобных задач можно упомянуть:

- геометрическую, ориентированную на управление следящими приводами;
- логическую, организующую управление электроавтоматикой;
- технологическую, гарантирующую поддержание или оптимизацию параметров технологического процесса;
- диспетчеризации, обеспечивающую управление другими задачами на прикладном уровне;
- терминальную, поддерживающую диалог с оператором, отображение состояний системы, редактирование и верификацию управляющих программ.

Структура системы ЧПУ представляет собой совокупность базовых и дополнительных модулей. Модули закреплены за задачами управления. К дополнительным модулям отнесены коммерческие приложения. Модуль автономен и является вложенным объектом: он располагает собственными алгоритмической

структурой, структурой данных и интерфейсной оболочкой для работы в клиент-серверной среде. Общая структура представлена NC-подсистемой (Numerical Control) и PC-подсистемой (Personal Computer). Первая формирует среду для ЧПУ ориентированных модулей, работающих в реальном времени, и (возможно) для специальных приложений пользователя. Вторая подсистема образует среду Windows-образного интерфейса пользователя и включает инструментальную систему подготовки и тестирования управляющих программ, а также (возможно) другие специальные приложения. Взаимодействие модулей осуществляется посредством программной объектно-ориентированной магистрали, которая не только поддерживает коммуникационные протоколы, но и выполняет серверные функции. Это значит, что магистраль является глобальным механизмом предоставления модулям информационных услуг. Такая возможность отражена и в самих интерфейсах модулей: они могут предоставлять данные, запрашивать данные, управлять состояниями других модулей. Запрос данных осуществляется синхронным, асинхронным способами или по событию. Выбор механизма запроса зависит от конкретной задачи. При синхронном запросе клиент (модуль, осуществляющий запрос) останавливается в точке запроса и ждет до истечения тайм-аута ответа от сервера (модуля, обслуживающего запрос). При асинхронном запросе клиент продолжает свою работу, а обработка ответа, независимо от времени его получения, выполняется специальной функцией (callback-функцией); ее работа напоминает механизм обработки прерывания. Запрос по событию (синхронный, асинхронный) означает, что ответ будет получен только после изменения данных.

Архитектура OSACA (открытая системная архитектура для элементов управления в системах автоматизации). Архитектура OSACA (1998) является архитектурой открытых систем управления для автоматических систем. Он появился в Европе с программой ESPRIT III Project 6379, являющейся одним из крупнейших проектов, связанных со стандартами для ОАС (OpenArchitectureControl), который включает сетевое соединение и приложения.

Проект OSACA начался в 1992 году в исследовательских институтах Франции, Германии, Италии, Испании и Швейцарии. Основной целью проекта OSACA было определение независимого оборудования и модульности, то есть работы в модулях, позволяющих добавлять или удалять числовое управление, управление роботом, программируемые логические контроллеры (ПЛК), управление ячейками и т. д. Эти модули были созданы проектом 9115 этапа II OSACA для создания программных модульных систем, интерфейсов связи, операционных систем и систем открытых баз данных для новых функций и для использования в новом цифровом оборудовании. Следуя той же исследовательской линии, в Германии был создан проект HÜMNOS (Modulate Development для применения в объектно-ориентированной системе управления открытой архитектурой). Разработка этого проекта основана на результатах OSACA. В нем приняли участие такие пользователи, как BMW, MercedesBenz, Alfing, FritzWener, Heller, Bosch, SIEMENS и многие другие.

Целью является обмен информацией между пользователями и производителями, приносящий пользу обоим. Архитектура OSACA позволяет собирать систему управления станком с использованием пользовательского интерфейса без необходимости просмотра всего программного обеспечения. Для достижения этой цели необходимо знать концепцию платформы. Платформа состоит из аппаратных и программных групп (операционная система, система связи), которые предлагают единый сервис для управления функциональным блоком (FU). Интерфейс прикладного программирования (API) с FU основан на четко определенной задаче.

Три основные области платформы:

- Система связи: аппаратное и программное обеспечение определяется независимо от интерфейса обмена информацией между различными модулями приложения контроллера. Система связи OSACA обеспечивает прозрачный обмен информацией между клиентскими и серверными приложениями.

- Эталонная архитектура: определяет FU управления и определяет внешний интерфейс. Это сделано для обеспечения возможности использования и интеграции внешних блоков посредством внутренних данных в четко определенной форме. Примерами FU являются человеко-машинный интерфейс, логическое управление блокировками и управление перемещением осей. Для каждого идентифицированного FU определяется внешний модуль, использующий объектно-ориентированную связь для взаимодействия данных с прикладными модулями. Интерфейс доступа к записи и чтению данных находится в объекте, ориентированном на архитектуру, и этот доступ возможен с использованием объекта, ориентированного на связь.

- Конфигурация системы: позволяет динамически конфигурировать контроллер с помощью комбинации различных прикладных модулей. Это позволяет не только определить конкретную топологию заданной функциональности, но также синхронизировать распределенные процессы.

Архитектура OMAC (Контроллеры с открытой модуляцией архитектуры). Архитектура OMAC началась в декабре 1994 года с публикации Chrysler, Ford и GeneralMotors «Требования к контроллерам с открытой архитектурой и модульной архитектурой для приложений в автомобильной промышленности». Этот документ послужил руководством для контроллеров API в автомобильной промышленности Северной Америки. Группа OMAC состоит из пользователей систем с открытой архитектурой, цель которых - работать вместе, принося ряд преимуществ, таких как:

- создать позицию контроллеров с открытой архитектурой на основе опыта пользователей программного обеспечения и производителей машин;
- ускорить использование открытого контроля в отраслях с использованием API;
- способствовать развитию открытого контроля среди производителей контроллеров;
- разработка коллективных решений для разработки, коммерциализации и использования технологии контроллера открытой архитектуры.

Архитектура HOAM-CNC (многопроцессорная иерархическая открытая архитектура - ЧПУ). Архитектура HOAM-CNC - открытая системная архитектура Иерархический мультипроцессор для станков с ЧПУ - в основном работает на аппаратном обеспечении станка, предлагая преимущества наличия двух шин, шины управления ЧПУ и еще одной шины, что позволяет вводить новые компоненты. Архитектура OSEC (открытая системная среда для контроллера). Шесть японских компаний, таких как ToshibaMachineCo., IBM JapanLtda., MitsubishiElectricCo., и другие составили группу OSEC (Открытая системная среда для контроллеров), целью которой было развитие платформа открытой архитектуры для оборудования числового управления.

Целью этой группы является создание открытой архитектуры на основе стандартного персонального микрокомпьютера IBM-PC для управления производственным оборудованием, повышения его производительности и облегчения его обслуживания. Персональный микрокомпьютер помимо управляющего оборудования также может выступать в качестве информационной системы для работы на заводе. Другими словами, элементы оборудования, основанные на этой архитектуре, могут быть элементами системы поддержки приобретения и логистики, основанной на компьютере - CALS (автоматизированное приобретение и логистическая поддержка).

Есть много исследовательских центров, работающих над этой концепцией открытой архитектуры, например, ВМС США с проектом усовершенствованного контроллера машины - EMC (EnhancedMachineController), при поддержке Департамента торговли, который предложил пятиуровневую архитектуру:

- 1 - планирование рабочей станции;
- 2 - управление рабочей станцией;
- 3 - план интерпретации;
- 4 - генерация траектории / дискретный ввод и вывод (I / O);
- 5 - сервоуправление.

Проект включает в себя компенсацию погрешности термической деформации и интерполяцию NURBS (Non-UniformRational B-Spline). Национальный центр по науке о производстве (NCMS), который запустил проект NGIS (Система контроля следующего поколения II), стремится разработать интерфейс контроля процесса датчиков.

Использование ЧПУ с открытой архитектурой считается очень важным, поскольку это многообещающая технология, действующая в области промышленной автоматизации, позволяющая интегрировать оборудование, более дружелюбный интерфейс в конфигурации, связь с станками и модернизацию. Низкая стоимость электронных компонентов стимулирует разработку новых контроллеров. В США, Европе и Азии разрабатываются несколько типов открытой архитектуры, в которых для управления используется стандартный компьютер IBM-PC. Архитектура OSACA используется чаще всего в области программного обеспечения, архитектура OMAC действует в основном в промышленных приложениях, а архитектура OSEC действует в области автоматизации во всех областях промышленности, логистики и поддержки. Архитектура HOAM-CNC действует в области аппаратного обеспечения с точки зрения новых датчиков и реализации специального модуля. Все эти архитектуры имеют интегрированное оборудование нескольких разных производителей и позволяют получать решения по управлению с меньшими затратами, поддерживая одинаковую производительность.

Некоторые преимущества контроллера с открытой архитектурой:

- Использование программирования C ++ в разработке управляющего программного обеспечения. Программные подпрограммы могут настраивать и реализовывать новые функции для повышения производительности станка.
- Возможность применения алгоритма разработки адаптивного управления для новых приложений, в которых используются датчик силы, датчик вибрации, акустический датчик и т. д.
- Алгоритм выполнения специального сервоуправления, повышающий точность станка.
- Использование одного и того же интерфейса оператора для разных машин, что упрощает обучение пользователей и снижает затраты.

## **Литература**

1. *Сосонкин С.С.* Системы числового программного управления. – М.: Логос, 2005. – 296 с.