

В.Л. Сосонкин, д-р техн. наук проф.,
Г.М. Мартинов, канд. техн. наук доц.,
Московский государственный технологический
университет "СТАНКИН"

Концепция числового программного управления мехатронными системами: архитектура систем типа PCNC

Рассмотрены основные признаки систем ЧПУ нового поколения для мехатронных объектов и систем, в числе которых – принадлежность к классу персональных систем управления PCNC и использование принципов открытой архитектуры. Отмечены достоинства открытой архитектуры двухкомпьютерных и однокомпьютерных систем: гибкость, клиент-серверная организация транзакций, объектно-ориентированный подход на уровне макроструктуры и на уровне технологии программирования. Представлена новая организация системы ЧПУ, в которой модули с традиционными наименованиями имеют новое функциональное и алгоритмическое наполнение и новую программную реализацию. Указана особая роль PC-подсистемы, которая определяет пользовательские характеристики и уровень сервиса для оператора.

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 их к потере рынка и полному забвению. Внешние причины подобной ситуации состоят в увеличении разнообразия мехатронных систем, ориентированных на решение специфических задач (различные технологические машины, роботы, испытательные стенды и др.); в расширении зоны активности оператора мехатронного оборудования; в росте привлекательности персональных систем ЧПУ типа PCNC (Personal Computer Numerical Control). Однако есть и глубинная внутренняя причина: внедрение новой объектно-ориентированной технологии, без которой создание "мульти-мегабайтного" программного обеспечения систем ЧПУ попросту невозможно. Подобную технологию используют не только на уровне программирования (для повышения надежности и обзорности математического обеспечения), но и на уровне макропроектирования системы: основ-

ные 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: конфигурирование системы у производителя мехатронного оборудования и у конечного пользователя; интеграцию покупных программных пакетов; эволюцию системы в условиях максимальной независимости от изменений системной платформы; доступ к информации любого модуля, в том числе к диагностической информации самой мехатронной системы; подключение к внешней сетевой коммуникационной среде; использование в архитектуре системы принципов системной интеграции.

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 (OLE for Process Control). Цель проекта состояла в определении стандартной клиент-серверной архитектуры и спецификаций COM-интерфейсов, обеспечивающих унифицированный доступ к данным, независимо от их типа и структуры [1-3]. Таким образом, акцент был сделан на интеграцию, построенную на передаче данных (в том числе и данных, 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 лежит в плоскости использования лучших достижений в сфере системной интеграции больших систем. В самом деле, в состав математического обеспечения

системы ЧПУ входят 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 этой связи архитектуре PCNC с наименьшим успехом могут быть использованы принципы OLE/COM и некоторые спецификации OPC не только при разработке отдельных модулей, но 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 [4]. В числе подобных задач можно упомянуть геометрическую (ориентированную на управление следящими приводами); логическую организующую управление электроавтоматикой); технологическую (гарантирующую поддержание или оптимизацию параметров технологического процесса); задачу диспетчеризации (обеспечивающую управление другими задачами на прикладном уровне); терминальную задачу (поддерживающую диалог с оператором, отображение состояний системы, редактирование и верификацию управляющих программ).

Структура системы ЧПУ (рис. 1) представляет собой совокупность базовых (обведены сплошными линиями) и дополнительных модулей (обведены штриховыми линиями) [5]. 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 и 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

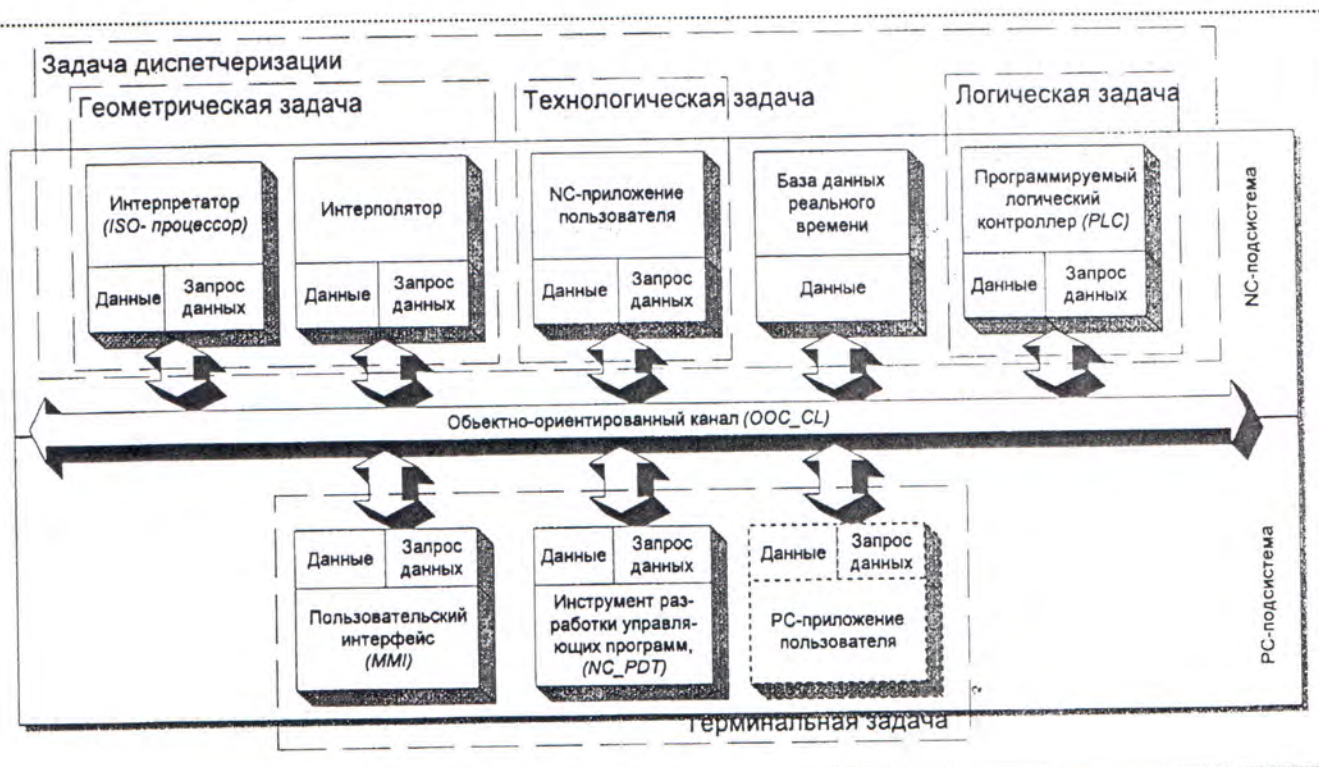


Рис. 1. Модульная архитектура системы ЧПУ типа PCNC и задачи управления

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. Структура, показанная на рис. 1, представляет собой набор модулей. Она позволяет специфицировать их интерфейсы; выявляет типы запросов; помогает составить техническое задание на объектно-ориентированную магистраль.

Открытая архитектура систем управления. Гибкие и наиболее сложные системы ЧПУ с открытой архитектурой выполняют согласно двухкомпьютерной архитектурной модели (рис. 2, а). По мере роста вычислительной мощности компьютеров все более привлекательным становится однокомпьютерный вариант (рис. 2, б).

Двухкомпьютерная модель предполагает размещение PC-подсистемы на одном компьютере, а NC-подсистемы – на другом. В PC-подсистеме наиболее целесообразна операционная система Windows NT, а в NC-подсистеме – операционная система реального времени (OS PB) UNIX. Обе операционные системы совместимы в том смысле, что поддерживают коммуникационные протоколы TCP/IP, и это позволяет построить коммуника-

ционную среду, объединяющую подсистемы. Включение в эту среду прикладного уровня с функциями доступа к интерфейсам модулей (а общее число таких функций может достигать нескольких сот) создает виртуальную шину, оказывающую низкоуровневые услуги доступа. Объектная надстройка в шине формирует глобальный сервер, т.е. единую для обеих подсистем объектно-ориентированную магистраль.

Однокомпьютерная модель предполагает использование традиционного компьютера, оснащенного дополнительными контроллерами для связи с мехатронными объектами управления. В их числе могут быть: контроллер следящих приводов, программируемый контроллер PLC (Programmable Logic Controller), специальные устройства для управления технологическими процессами и др. В качестве операционной может быть использована система Windows NT, которая, однако, не является системой реального времени и в этой связи требует соответствующего расширения, например в виде системы RTX 4.1 американской фирмы Venture-Com. Система RTX модифицирует слой HAL (Hardware Abstraction Layer) операционной системы Windows NT и дополняет его диспетчером потоков (threads) реального времени. Диспетчер изолирует прерывания, позволяя строить приложения реального времени, о существовании которых любые другие приложения не подозревают. Подсистема реального времени RTSS (Real-Time Sub-System) выполняет собственные функции и осуще-

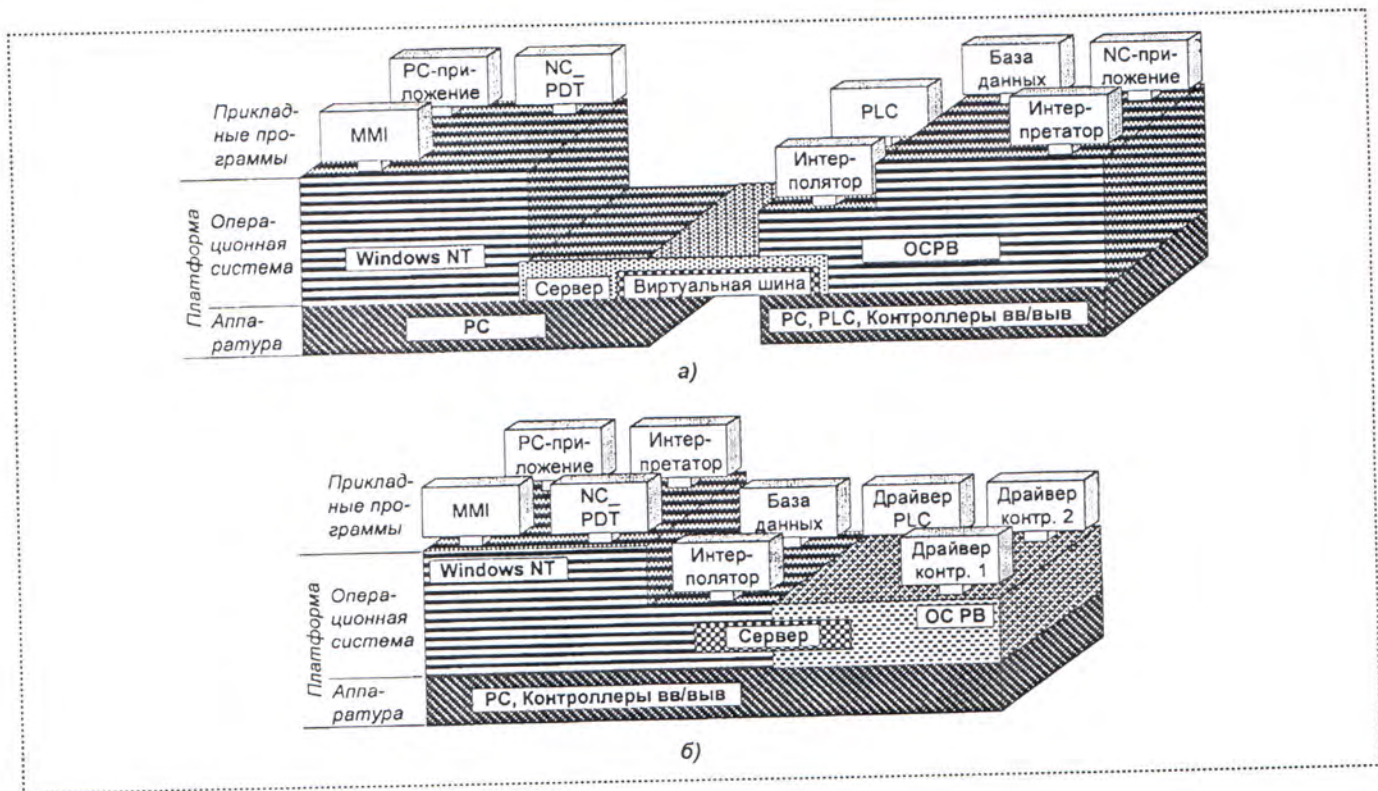


Рис. 2. Открытая архитектура систем типа PCNC

ствляет управление ресурсами RTX. RTSS реализована в виде драйвера Windows NT, служит дополнением к этой системе, использует сервисы Windows NT и HAL для работы подсистемы реального времени, отдельной от любых других приложений. При этом обычные приложения "видят" подсистему реального времени как устройство (устройства). Другими компонентами системного уровня являются ядро и драйверы Windows NT. На интерфейсном уровне прикладные программные интер-

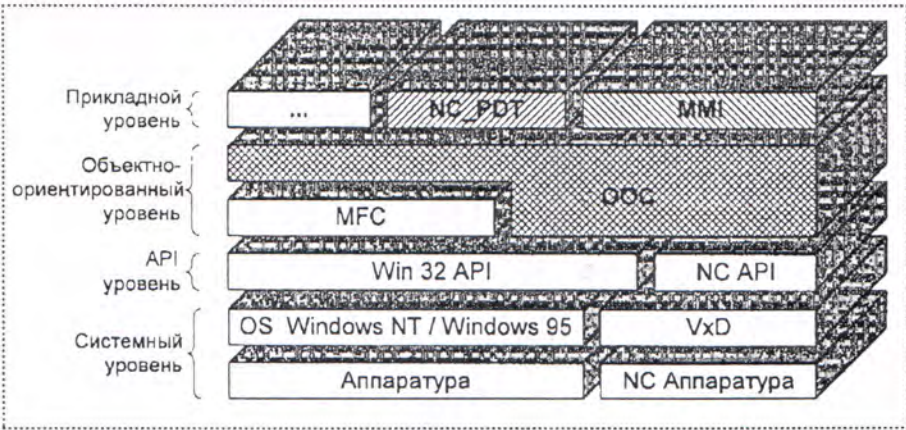


Рис. 3. Виртуальная модель PC подсистемы

фейсы Win32 и RTX похожи; в них реализованы функции, необходимые соответственно для создания обычных приложений и приложений реального времени. Разработанную с использованием RTX программу можно отлаживать и запускать и в среде Win32. Однако в RTX есть функции, не имеющие аналогов в Win32, например функции работы с прерываниями.

Архитектурные варианты систем типа PCNC, показанные на рис. 2, дают общее представление о принципах открытой архитектуры применительно к ЧПУ: четкое разграничение между системным, прикладным и коммуникационным компонентами; возможность независимого развития любого из этих компонентов как на основе оригинальных разработок, так и путем встраивания покупных программных систем; клиент-серверная организация взаимодействия подсистем; стандартизация интерфейсов и транзакций.

Виртуальная модель PC-подсистемы ЧПУ. В вертикальном сечении PC-подсистема имеет многоуровневую структуру (рис. 3) и в полной мере соответствует модели виртуальной машины [6]. Нижний уровень составляет компьютерная аппаратура, выше размещается операционная система Windows NT вместе с драйверами виртуальных устройств (VxD), обеспечивающими управление внешними устройствами, например контроллером панели оператора. Доступ к операционной системе и ее службам осуществляется посредством API-слоя (Application Interface, прикладной интерфейс), который поддержан Win32-функциями и NC-функциями, обеспечивающими вход в Windows-NT-подсистему и NC-подсистему. Функции реализованы в виде DLL (Dynamic Link Library, библиотека с динамическим связыванием). Поверх API-слоя расположен объектно-ориентированный сервер (ООС), служащий фундаментом для приложений в системе PCNC. В числе классов объектов – стандартные из библиотеки MFC (Microsoft Foundation Classes), а также и специально разработанные классы OOC_CL объектно-ориентирован-

ной магистрали OOC (Object Oriented Channel). Сервер содержит, в том числе, и общие для всех приложений алгоритмы, такие как обработчики ошибок, средства форматирования и конвертирования данных, управляющие элементы многооконного экрана и др. На прикладном уровне размещаются разнообразные приложения: интерфейс пользователя MMI (Man Machine Interface), инструмент разработки и верификации управляющих программ NC_PDT (NC Program Data Tool) и др.

Выводы. Основными признаками систем ЧПУ нового поколения для мехатронных систем являются принадлежность к классу персональных систем управления PCNC и использование принципов открытой архитектуры. Открытая архитектура предполагает исключительную гибкость (конфигурируемость) системы, использование клиент-серверного подхода в организации транзакций, приведение объектно-ориентированного подхода к определению макроструктуры, а также и на уровне технологии программирования. Все это предопределяет принципиально новую организацию системы ЧПУ, в которой даже модули с традиционными наименованиями имеют новое функциональное и алгоритмическое наполнение, а также и новую программную реализацию. Особо важную роль приобретает PC-подсистема, которая определяет пользовательские характеристики и уровень сервиса для оператора.

Список литературы

1. Microsoft System Journal, Q&A. 1996. April. P. 89–101.
2. Microsoft COM Specification, version 0,9, 10/24/95 (Available from Microsoft FTP site).
3. OLE Automation Programming Reference, Microsoft Press, Redmond, WA, 1996.
4. Сосонкин В.Л. Задачи числового программного управления и их архитектурная реализация // Станки и инструмент. 1988. № 10. С. 39–40.
5. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Принципы построения систем ЧПУ с открытой архитектурой // Приборы и системы управления. 1996. № 8. С. 18–21.
6. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Современное представление об архитектуре систем ЧПУ типа PCNC // Автоматизация проектирования. 1998. № 3(9). С. 35–39.