Подход к построению мультипротокольной системы ЧПУ

Г.М. Мартинов, А.Б. Любимов, А.И. Бондаренко, А.Е. Сорокоумов, И.А. Ковалев (МГТУ «СТАНКИН»)

Исследованы вопросы реализации мультипротокольности в системе числового программного управления (ЧПУ) разнородным технологическим оборудованием. Обоснован выбор базового набора промышленных протоколов системы ЧПУ. Предложена архитектура ядра мультипротокольной системы ЧПУ и раскрыты аспекты практического применения системы управления для токарных и фрезерно-гравировальных станков[1].

Ключевые слова: промышленный протокол, сервопривод, система реального времени, ядро системы ЧПУ, управление движением, CANbus, Memobus, SERCOS, EtherCAT.

Введение

В настоящее время рынок оборудования промышленной автоматизации представлен множеством компаний, выпускающих разнородное оборудование и стремящихся реализовать единый интерфейс управления, являющийся международным стандартом. При этом как в России, так и за рубежом существует множество отличающихся друг от друга промышленных стандартов, в результате чего возникает проблема в управлении различным технологическим оборудованием [1].

Создание мультипротокольной системы ЧПУ позволит решить эту проблему для технологического оборудования, укомплектованного приводами и периферийными устройствами российских и зарубежных производителей различных типов. Подход на базе мультипротокольного решения обеспечивает компоновку системы ЧПУ под конкретные технологические задачи наилучшим образом.

Интеграция оборудования различных производителей в систему ЧПУ обеспечивается свойством открытости. Открытость архитектуры системы управления сегодня является больше маркетинговым ходом, нежели несет практическую полезность. Ряд ведущих зарубежных производителей систем ЧПУ под открытостью архитектуры понимают возможность конечного пользователя создавать свои экраны пользовательского интерфейса или, например, маски ввода и поиска данных. Другие производители выделяют в ядре системы управления несколько уровней открытости, приобретение максимального из предлагаемых уровней открытости связано с существенными затратами. На практике коммерческие системы предоставляют ограниченную открытость, поскольку они ориентированы на комплектное решение (система ЧПУ, контроллер электроавтоматики, приводы) от одного производителя. В связи с этим актуальной является задача создания мультипротокольной системы ЧПУ для интеграции разнородного оборудования.

В качестве базы для решения этой задачи выбрана система ЧПУ «АксиОМА Контрол» (МГТУ «СТАНКИН») [2]. Открытость ее архитектуры сосредоточена в уровнях абстракции, которые скрывают аппаратную специфику устройств и унифицируют ресурсы с точки зрения управления, что в свою очередь обеспечивает независимость ядра системы управления от конкретной реализации разделяемого уровня (рис. 1). Абстракция на уровне приводов и электроавтоматики позволяет объединить в одну систему разнородное оборудование, работающее по нескольким различным интерфейсам (CANbus, Memobus, SERCOS, EtherCAT, и др.), либо использовать один интерфейс для контроллера электроавтоматики и контроллеров приводов [3].

Предлагаемый подход обеспечивает инвариантность системы управления по отношению к используемой промышленной шине. Практически для любого промышленного интерфейса (например, SERCOS III, PROFInet, EtherCAT и т.п.) имеются PCI или PCI-Express платы, которые позволяют подключать различные устройства к компьютеру; появляются мультиинтерфейсные решения, позволяющие использовать любой из перечисленных протоколов. При помощи подобных плат осуществляется взаимодействие между программным драйвером и контроллером цифрового привода.

Анализ промышленных протоколов, применяемых в системах ЧПУ

Многообразие существующих промышленных протоколов не определяет базовый набор поддерживаемых интерфейсов, который может расширяться по мере надобности. Такие параметры, как массовость выпускаемых

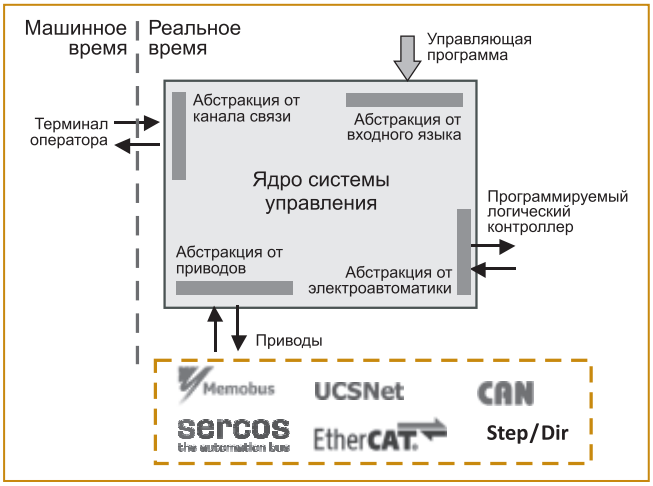

Рис. 1. Уровни абстракции ядра системы ЧПУ «АксиОМА Контрол»

[1] Работа выполнена по Госконтрактам №П858 и № 14.740.11.0336 на проведение НИР в рамках ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 гг.

Таблица. Основные характеристики промышленных протоколов

Параметр \ Протокол	SERCOS II	SERCOS III	UCSNet	Memobus	CANBus	EtherCAT	PROFInet
Стандарт физического уровня	Опто-волокно	Ethernet	RS-485	RS-485	RS-485	Ethernet	Ethernet
Топология сети	Кольцо	Кольцо \ шина	Шина	Шина	Шина	Кольцо \ шина	Шина
Скорость передачи (Мбит/с)	16	100	1	0,384	1	100	100
Время цикла (мкс)	62,5	31,25	400	500	600	10	250
Число узлов	256	512	64	64	128	65536	255
Открытость	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да

устройств, скорость коммуникации, перспективность протоколов и др. являлись определяющими факторами при выборе базового набора поддерживаемых системой ЧПУ «АксиОМА Контрол» промышленных шин.

Memobus – промышленный протокол, разработанный фирмой Yaskawa для своих контроллеров. Это модифицированный протокол Modbus, и доступ к большей части данных, находящихся в памяти контроллеров Yaskawa, можно получить с использованием обычных команд Modbus. Однако существуют различия в способах адресации.

В основу сети Memobus заложена коммуникационная модель «мастер-слейв». В сети имеется одно ведущее устройство, к которому возможно подключение до 64 ведомых. Передача данных осуществляется последовательно с максимальной скоростью 38400 кбит/с посредством интерфейса RS-485.

UCSNet – промышленный протокол, разработанный в МГТУ «СТАНКИН» изначально для управления приводами промышленных роботов. Вторая версия протокола была адаптирована для управления следящими приводами станков с ЧПУ [4].

На аппаратном уровне сеть организована в виде шины, по которой к системе управления можно подключить до 64 модулей привода. В качестве интерфейсных устройств сети используются дифференциальные приемники и передатчики стандарта RS-422/485. Последовательная передача и прием данных осуществляются по протоколу универсального асинхронного приемо-передатчика (UART) со скоростью до 1 Мбит/с. Минимальное время, затрачиваемое системой управления на один цикл обмена данными, составляет 0,139 мс.

CANbus (Controller Area Network – сеть контроллеров) – стандарт промышленной сети, разработанный компанией Robert Bosch GmbH в 1983 г. для объединения в сеть различных датчиков, контроллеров исполнительных устройств; использует последовательную передачу данных в РВ с высокой степенью надежности и защищенности [5]. Изначально протокол применялся в автомобильной промышленности, но впоследствии его стали использовать и в области промышленной автоматизации. Промышленная сеть CAN представляет собой шину, построенную на базе интерфейса RS-485. Пакетная передача данных осуществляется со скоростью до 1 Мбит/с, минимальное время цикла составляет 600 мкс. Стандарт изначально не предусматривал никакого протокола прикладного уровня, поэтому различные фирмы разработали несколько таких протоколов, наиболее известные – CANopen (организация CiA) и DeviceNet (компания Allen-Bradley).

SERCOS-интерфейс (Serial Real Time Communication System) ориентирован на создание распределенных систем управления движением. Отличие SERCOS II и SERCOS III заключается в замене коммуникационного оптоволоконного кабеля на витую пару (технология Ethernet) и некотором расширении интерфейса [6]. SERCOS обеспечивает жесткое ограничение цикла обмена данными по интерфейсу, гарантирует точную синхронизацию перемещений для всех координат, предоставляет сервис-канал для обмена нециклическими данными. SERCOS позволяет использовать устройства разных производителей, жестко регламентируя стандарт на передаваемые в системе параметры и команды.

EtherCAT (Ethernet for Control Automation Technology) – промышленная сеть, основанная на технологии Ethernet, поддерживает пересылку сигналов, многоадресную передачу и коммуникацию между ведомыми устройствами. Ведомые устройства EtherCAT осуществляют обмен данными во время прохождения информационного кадра мимо данного узла, что позволяет достичь короткого времени цикла обмена. Информационный кадр EtherCAT содержит данные, предназначенные для чтения и записи одновременно нескольким устройствам [7]. EtherCAT поддерживает практически любую топологию, реализует точную аппаратную синхронизацию осей с быстрым циклом обмена.

PROFInet – открытый стандарт Industrial Ethernet для систем автоматизации. На базе PROFINET создаются системы распределенного ввода/вывода PROFINET IO, в которых контроллер выполняет коммуникацию с периферийными устройствами.

Обмен данными между контроллером и устройствами ввода/вывода выполняется в РВ, а в распределенных системах управления перемещением и позиционированием – в РВ с поддержкой тактовой синхронизации (IRT – Isochronous Real Time). Скорость передачи дан-

ных в сети может достигать 100 Мбит/с, а время цикла обмена составляет 250 мкс [8].

Большинство не представленных здесь промышленных интерфейсов являются проприетарными и могут использоваться только в условиях комплектной поставки, они хоть и являются формально «открытыми», но были разработаны и контролируются узким кругом производителей. Результаты проведенного анализа сведены в табл. В качестве базовых интерфейсов при построении мультипротокольной системы ЧПУ были выбраны: CANbus как надежное и недорогое решение для станков средней ценовой категории, Memobus из-за простоты и распространенности в области управления шпинделем, SERCOS для прецизионной и сверхскоростной обработки.

В силу перспективности интерфейса EtherCAT и его активной позиции на рынке в течение последних 2...3 лет в настоящее время ведутся работы по обеспечению использования EtherCAT в мультипротокольной системе ЧПУ.

Архитектура мультипротокольной системы ЧПУ «АксиОМА Контрол»

Реализация свойства инвариантности в архитектуре базового ядра системы ЧПУ требует использования объектов, не зависящих от интерфейса промышленной шины. Класс «Абстрактный привод» не зависит от вида интерфейса и обеспечивает создание объектов, соответствующих типу интерфейса конкретного привода. Тип интерфейса конкретного привода в свою очередь задается в машинных параметрах.

Класс «Абстрактный привод» (рис. 2) предоставляет реализацию интерфейса модуля взаимодействия с приводами и является базовым классом

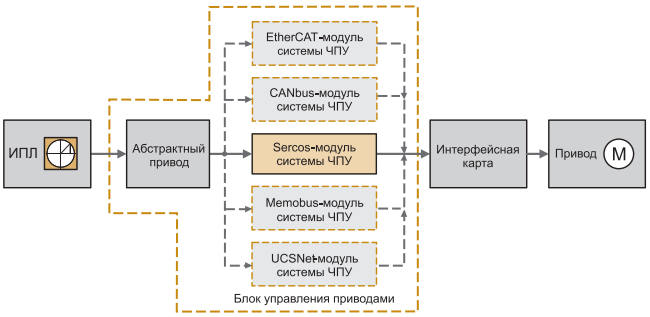

Рис. 2. Архитектура мультипротокольной системы ЧПУ

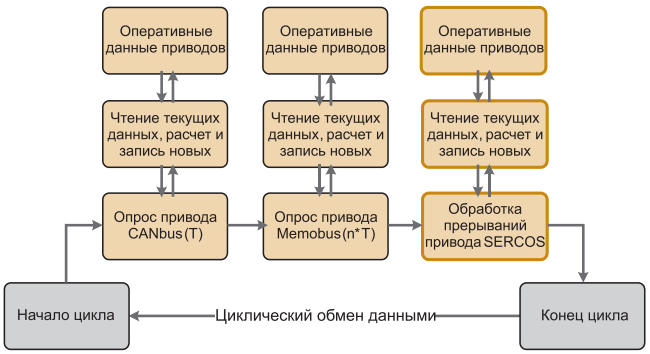

Рис. 3. Схема работы циклического обмена данными

модулей системы ЧПУ, ответственных за взаимодействие по определенным промышленным протоколам. Предложенный подход предусматривает поддержку новых протоколов без необходимости изменения структуры ядра системы управления.

Согласованную работу устройств в режиме РВ обеспечивает общий механизм циклического обмена данными (рис. 3), использующий либо циклический опрос (поллинг), либо обработку прерываний.

Практические аспекты применения мультипротокольной системы ЧПУ

Применение протоколов Memobus и UCSNet проиллюстрировано на примере токарного станка СА-700 с системой ЧПУ «АксиОМА Контрол» [9]. В составе привода главного движения станка применяется преобразователь частоты Omron F7 Varispeed с возможностью управления по протоколу Memobus, в приводах подачи используются отечественные сервоусилители Робокон SD-5, работающие по протоколу UCSNet.

Управление станком осуществляется двухкомпьютерным вариантом системы ЧПУ, состоящей из терминальной части на базе Windows XP и машины РВ с ОС Linux RT. Мультипортовая PCI-плата MOXA осуществляет связь системы ЧПУ с преобразователем Omron F7 и сервоприводами SD-5. В математическое обеспечение системы ЧПУ включены модули управления приводом главного движения по протоколу Memobus и приводами подач по протоколу UCSNet (рис. 4).

Практическое применение протокола CANbus рассмотрим на примере фрезерно-гравировального станка КСМП-500 портального типа (ЗАО «Завод мехатронных изделий») с системой ЧПУ «АксиОМА Контрол» (рис. 5) [10]. В данной реализации используются отечественные интегрированные сервоприводы СПШ10 производства ЗАО «Сервотехника». Для реализации главного движения применяется шпиндель ELTE TMPE-3, управление которым осуществляется преобразователем частоты Control Techniques Unidrive SP. Связь приводов главного движения и подач осуществляются по протоколу CANbus при помощи PCI-карты МАРАФОН CAN-bus-PCI российского производства.

Реализация SERCOS протокола проиллюстрирована на примере управления прецизионным координатным столом Bosch Rexroth с внешними измерительными линейками, приводами IndraDrive и удаленными входами/выходами под управлением системы ЧПУ «АксиОМА Контрол» (рис. 6) [11]. Решение, заложенное в ядро системы ЧПУ, поддерживает обе версии интерфейса. На начальном этапе выполняется поиск master-устройства – PCI-платы SERCANS. На следующем этапе определяется тип SERCOS интерфейса (SERCOS II, SERCOS III или возможно в будущем другой интерфейс этого семейства). В зависимости от типа интерфейса выполняются функции инициализации, конфигурирования, формирования команд управления. Команды специфичны для каждого интерфейса, но могут иметь унифицированный вид.

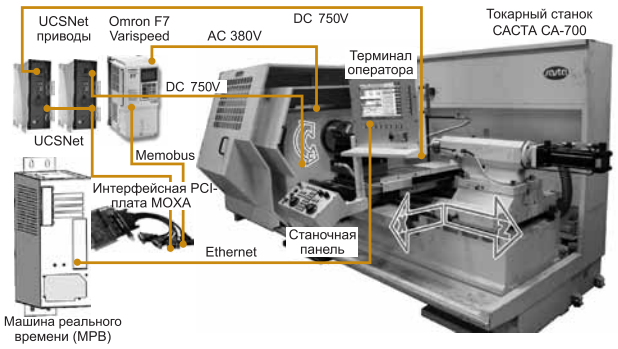

Рис. 4. Токарный станок CACTA CA-700

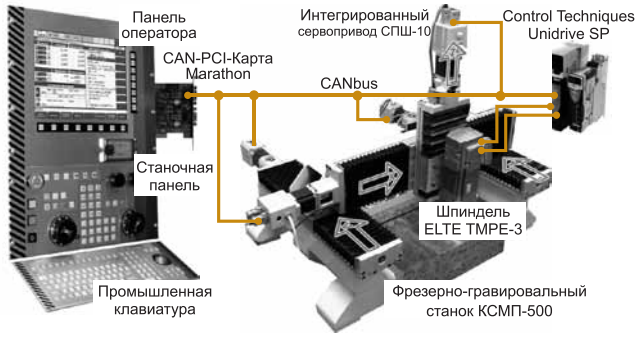

Рис. 5. Фрезерно-гравировальный станок под управлением СЧПУ «АксиОМА Контрол»

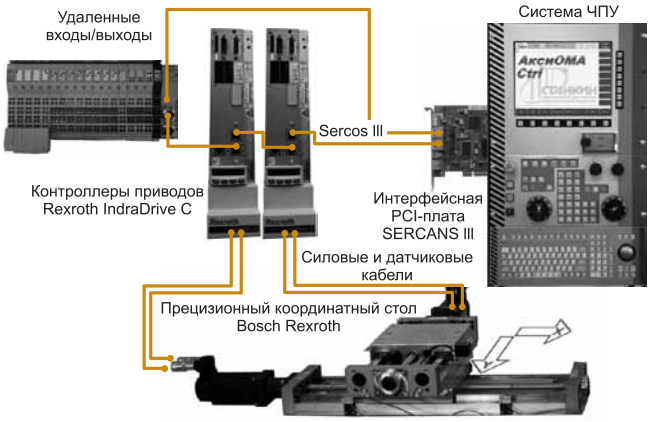

Рис. 6. Прецизионный координатный стол Bosch Rexroth под управлением системы ЧПУ «АксиОМА Контрол»

Взаимодействие системы ЧПУ с контроллерами приводов осуществляется при помощи PCI-платы SERCANS через программный драйвер, организующий интерфейс обращения к участку внутренней памяти SERCOS-мастера. С помощью драйвера передаются циклические данные и текущие значения в РВ, осуществляется асинхронная обработка параметров приводов или SERCANS-платы, происходит прием диагностических сообщений от всех узлов SERCOS сети.

Основной функцией драйвера является процедура обработки прерываний (Interrupt Service Routine, ISR). По приходу каждого прерывания процедура проверяет причину его возникновения. В случае поступления информации с приводов (AT-телеграммы – Answer Telegram) последовательно вызываются функции чтения и записи циклических данных.

Заключение

Предложенный способ создания мультипротокольной системы ЧПУ технологическим оборудованием позволяет компоновать ее под различные технологические применения с использованием стандартизованных промышленных протоколов обмена данными для организации управления в РВ исполнительными устройствами и модулями ввода/вывода. При этом архитектура системы остается неизменной, меняется только аппаратный уровень и коммуникационная среда. Такой подход сокращает время адаптации системы ЧПУ к станкам, использующим комплектации разных производителей, и существенно расширяет потенциальный диапазон ее применения.

Список литературы

1. *Григорьев С.Н., Андреев А.Г., Мартинов Г.М.* Перспективы развития кроссплатформенных компьютерных систем числового программного управления высокотехнологичного оборудования//Автоматизация в промышленности, 2011. № 5, с. 3–8.
2. *Григорьев С.Н., Мартинов Г.М.* Концепция построения базовой системы числового программного управления мехатронными объектами//Информационные технологии в проектировании и производстве, 2011. № 2, с. 21–27.
3. *Мартинов Г.М., Козак Н.В.* Декомпозиция и синтез программных компонентов электроавтоматики//Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2006. № 12. С. 4–11.
4. *Мартинов Г.М., Козак Н.В., Нежметдинов Р.А., Пушков Р.Л.* Принцип построения распределенной системы ЧПУ с открытой модульной архитектурой//Вестник МГТУ "Станкин", 2010. № 4 (12). С. 116–122.
5. *Тихонов А.О., Лиханов П.С.* Средства диагностики и настройки СЧПУ СервоКон//Автоматизация в промышленности. 2011. № 5, с. 19–22.
6. *Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М.* Архитектоника цифровых следящих приводов подач технологических машин//Мехатроника, автоматизация, управление. 2005. № 10. С. 24–30.
7. *Дудкин А.В.* EtherCAT и технология XFC для решения задач сверхбыстрого синхронного управления//Автоматизация в промышленности. 2011. № 5, с. 40–42.
8. *Belai I., Drahoš P.* The industrial com munication systems Profibus and PROFInet//Applied Natural Sciences. 2009. pp. 329–336.
9. *Мартинов Г.М., Мартинова Л.И.* Современные тенденции в области числового программного управления станочными комплексами//СТИН. 2010. № 7. С. 7–10.
10. *Мартинова Л.И., Пушков Р.Л., Козак Н.В., Трофимов Е.С.* Решение задач синхронизации и точного позиционирования осей в системе ЧПУ//Автоматизация в промышленностию 2011. № 5. С. 30–35.
11. *Мартинов Г.М.* Современные тенденции развития компьютерных систем управления технологического оборудования//Вестник МГТУ "Станкин". 2010. № 1. С. 74–79.

Мартинов Георгий Мартинович *– д-р техн. наук, проф. зав. кафедрой «Компьютерные системы управления»,*
Любимов Александр Борисович *– ст. научный сотрудник,* ***Бондаренко Арсений Иванович,***
Сорокоумов Артем Евгеньевич, Ковалев Илья Александрович *– инженеры МГТУ «Станкин».*
Контактный телефон (499) 972-94-40.
E-mail: martinov@ncsystems.ru
Http://www.stankin.ru, www.ncsystems.ru