

## Лекция №8 Функциональная структура SCADA

Существует два типа управления удаленными объектами в SCADA: автоматическое и инициируемое оператором системы. Шеридан (Sheridan) (рис.8.1) выделил четыре основных функциональных компонента систем диспетчерского управления и сбора данных человек-оператор, компьютер взаимодействия с человеком, компьютер взаимодействия с задачей (объектом), задача (объект управления), а также определил пять функций человека-оператора в системе диспетчерского управления и характеризовал их как набор вложенных циклов, в которых оператор

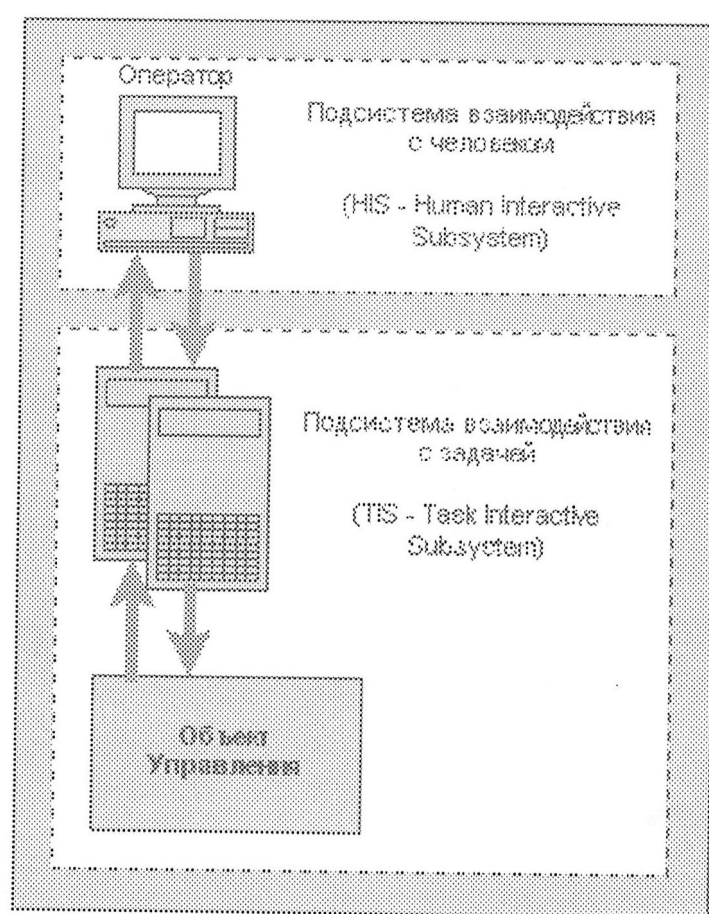


Рис. 8.1. Основные структурные компоненты SCADA-систем

- планирует, какие следующие действия необходимо выполнить;
- обучает (программирует) компьютерную систему на последующие действия;
- отслеживает результаты (полу) автоматической работы системы;
- вмешивается в процесс в случае критических событий, когда автоматика не может справиться, либо при необходимости подстройки (регулировки) параметров процесса;

- обучается в процессе работы (получает опыт).

Данное представление SCADA явилось основой для разработки современных методологий построения эффективных диспетчерских систем.

Особенности SCADA как процесса управления

Особенности процесса управления в современных диспетчерских системах:

- процесс SCADA применяется в системах, в которых обязательно наличие человека (оператора, диспетчера);
- процесс SCADA был разработан для систем, в которых любое неправильное воздействие может привести к отказу (потере) объекта управления или даже катастрофическим последствиям;
- оператор несет, как правило, общую ответственность за управление системой, которая, при нормальных условиях, только изредка требует подстройки параметров для достижения оптимальной производительности;
- активное участие оператора в процессе управления происходит нечасто и в непредсказуемые моменты времени, обычно в случае наступления критических событий (отказы, штатные ситуации и пр.);
- действия оператора в критических ситуациях могут быть жестко ограничены по времени (несколькими минутами или далее секундами).

*Основные требования к диспетчерским системам управления*

К SCADA-системам предъявляются следующие основные требования:

- надежность системы (технологическая и функциональная);
- безопасность управления;
- точность обработки и представления данных;
- простота расширения системы.

Требования безопасности и надежности управления в SCADA включают следующие:

- никакой единичный отказ оборудования не должен вызвать выдачу ложного выходного воздействия (команды) на объект управления;
- никакая единичная ошибка оператора не должна вызвать выдачу ложного выходного воздействия (команды) на объект управления;
- все операции по управлению должны быть интуитивно-понятными и удобными для оператора (диспетчера).

Области применения SCADA-систем

Основными областями применения систем диспетчерского управления (по данным зарубежных источников), являются:

- управление передачей и распределением электроэнергии;
- промышленное производство;

- производство электроэнергии;
- водозабор, водоочистка и водораспределение;
- добыча, транспортировка и распределение нефти и газа;
- управление космическими объектами;
- управление на транспорте (все виды транспорта: авиа, метро, железнодорожный, автомобильный, водный);
- телекоммуникации;
- военная область.

В настоящее время в развитых зарубежных странах наблюдается настоящий подъем по внедрению новых и модернизации существующих автоматизированных систем управления в различных отраслях экономики; в подавляющем большинстве случаев эти системы строятся по принципу диспетчерского управления и сбора данных. Характерно, что в индустриальной сфере (в обрабатывающей и добывающей промышленности, энергетике и др.) наиболее часто упоминаются именно модернизация существующих производств SCADA-системами нового поколения.

Эффект от внедрения новой системы управления исчисляется, в зависимости от типа предприятия, от сотен тысяч до миллионов долларов в год; например, для одной средней тепловой станции он составляет, по подсчетам специалистов, от 200000 до 400000 долларов. Большое внимание уделяется модернизации производств, представляющих собой экологическую опасность для окружающей среды (химические и ядерные предприятия), а также играющих ключевую роль в жизнеобеспечении населенных пунктов (водопровод, канализация и пр.). С начала 90-х годов в США начались интенсивные исследования и разработки в области создания автоматизированных систем управления наземным (автомобильным) транспортом ATMS (Advanced Traffic Management System).

### *Тенденции развития технических средств систем диспетчерского управления*

#### Общие тенденции

Прогресс в области информационных технологий обусловил развитие всех 3-х основных структурных компонентов систем диспетчерского управления и сбора данных RTU, MTU, CS, что позволило значительно увеличить их возможности; так, число контролируемых удаленных точек в современной SCADA-системе может достигать 100000.

Основная тенденция развития технических средств (аппаратного и программного обеспечения) SCADA миграция в сторону полностью открытых систем. Открытая архитектура позволяет независимо выбирать различные компоненты системы от различных производителей; в

результате расширение функциональных возможностей, облегчение обслуживания и снижение стоимости SCADA-систем.

#### Удаленные терминалы (RTU)

Главная тенденция развития удаленных терминалов увеличение скорости обработки и повышение их интеллектуальных возможностей. Современные терминалы строятся на основе микропроцессорной техники, работают под управлением операционных систем реального времени, при необходимости объединяются в сеть, непосредственно или через сеть взаимодействуют с интеллектуальными электронными датчиками объекта управления и компьютерами верхнего уровня.

Конкретная реализация RTU зависит от области применения. Это могут быть специализированные (бортовые) компьютеры, в том числе мультипроцессорные системы, обычные микрокомпьютеры или персональные ЭВМ (PC); для промышленных и транспортных систем существует два конкурирующих направления в технике RTU: промышленные (промышленные) PC и программируемые логические контроллеры (в русском переводе часто встречается термин промышленные контроллеры) PLC.

Промышленные компьютеры представляют собой, как правило, программно совместимые с обычными коммерческими PC машины, но адаптированные для жестких условий эксплуатации буквально для установки на производстве, в цехах, газокompрессорных станциях и т.д.

Адаптация относится не только к конструктивному исполнению, но и к архитектуре и схемотехнике, так как изменения температуры окружающей среды приводят к дрейфу электрических параметров. В качестве устройств сопряжения с объектом управления данные системы комплектуются дополнительными платами (адаптерами) расширения, которых на рынке существует большое разнообразие от различных изготовителей (как, впрочем, и самих поставщиков промышленных PC). В качестве операционной системы в промышленных PC, работающих в роли удаленных терминалов, все чаще начинает применяться Windows NT, в том числе различные расширения реального времени, специально разработанные для этой операционной системы.

Промышленные контроллеры (PLC) представляют собой специализированные вычислительные устройства, предназначенные для управления процессами (объектами) в реальном времени. Промышленные контроллеры имеют вычислительное ядро и модули ввода-вывода, принимающие информацию (сигналы) с датчиков, переключателей, преобразователей, других устройств и контроллеров, и осуществляющие управление процессом или объектом выдачей управляющих сигналов на приводы, клапаны, переключатели и другие исполнительные устройства. Современные PLC часто объединяются в сеть (RS-485, Ethernet, различные типы промышленных шин), а программные

средства, разрабатываемые для них, позволяют в удобной для оператора форме программировать и управлять ими через компьютер, находящийся на верхнем уровне SCADA-системы диспетчерском пункте управления (MTU). Исследование рынка PLC показало, что наиболее развитой архитектурой, программным обеспечением и функциональными возможностями обладают контроллеры фирм Siemens, Fanuc Automation (General Electric), Allen-Bradley (Rockwell), Mitsubishi. Представляет интерес также продукция фирмы CONTROL MICROSYSTEMS промышленные контроллеры для систем мониторинга и управления нефте- и газопромыслами, трубопроводами, электрическими подстанциями, городским водоснабжением, очисткой сточных вод, контроля загрязнения окружающей среды.

Много материалов и исследований по промышленной автоматизации посвящено конкуренции двух направлений PC и PLC; каждый из авторов приводит большое количество доводов за и против по каждому направлению. Тем не менее, можно выделить основную тенденцию: там, где требуется повышенная надежность и управление в жестком реальном времени, применяются PLC. В первую очередь это касается применений в системах жизнеобеспечения (например, водоснабжение, электроснабжение), транспортных системах, энергетических и промышленных предприятиях, представляющих повышенную экологическую опасность. Примерами могут служить применение PLC семейства Simatic (Siemens) в управлении электропитанием монорельсовой дороги в Германии или применение контроллеров компании Allen-Bradley (Rockwell) для модернизации устаревшей диспетчерской системы аварийной вентиляции и кондиционирования на плутониевом заводе в Лос-Аламосе.

Аппаратные средства PLC позволяют эффективно строить отказоустойчивые системы для критических приложений на основе многократного резервирования. Индустриальные PC применяются преимущественно в менее критичных областях (например, в автомобильной промышленности, модернизация производства фирмой General Motors), хотя встречаются примеры и более ответственных применений (метро в Варшаве управление движением поездов). По оценкам экспертов, построение систем на основе PLC, как правило, является менее дорогостоящим вариантом по сравнению с индустриальными компьютерами.

### *Каналы связи (CS)*

Каналы связи для современных диспетчерских систем отличаются большим разнообразием; выбор конкретного решения зависит от архитектуры системы расстояния между диспетчерским пунктом (MTU) и RTU, числа контролируемых точек, требований по пропускной

способности и надежности канала, наличия доступных коммерческих линий связи.

Тенденцией развития CS как структурного компонента SCADA-систем можно считать использование не только большого разнообразия выделенных каналов связи (ISDN, ATM и пр.), но также и корпоративных компьютерных сетей и специализированных промышленных шин.

В современных промышленных, энергетических и транспортных системах большую популярность завоевали промышленные шины специализированные быстродействующие каналы связи, позволяющие эффективно решать задачу надежности и помехоустойчивости соединений на разных иерархических уровнях автоматизации. Существует три основных категории промышленных шин, характеризующие их назначение (место в системе) и сложность передаваемой информации: Sensor, Device, Field. Многие промышленные шины охватывают две или даже все три категории.

Из всего многообразия промышленных шин, применяющихся по всему миру (только по Германии их установлено в различных системах около 70 типов) следует выделить промышленный вариант Ethernet и PROFIBUS, наиболее популярные в настоящее время и, по-видимому, наиболее перспективные. Применение специализированных протоколов в промышленном Ethernet позволяет избежать свойственной этой шине недетерминизма (из-за метода доступа абонентов CSMA/CD), и в то же время использовать его преимущества как открытого интерфейса.

Шина PROFIBUS в настоящее время является одной из наиболее перспективных для применения в промышленных и транспортных системах управления; она обеспечивает высокоскоростную (до 12 Мбод) помехоустойчивую передачу данных (кодовое расстояние = 4) на расстояние до 90 км. На основе этой шины построена, например, система автоматизированного управления движением поездов в варшавском метро.

### *Диспетчерские пункты управления (MTU)*

Главной тенденцией развития MTU (диспетчерских пунктов управления) является переход большинства разработчиков SCADA-систем на архитектуру клиент-сервер, состоящую из 4-х функциональных компонентов.

1. User (Operator) Interface (интерфейс пользователя/оператора) исключительно важная составляющая систем SCADA. Для нее характерны  
а) стандартизация интерфейса пользователя вокруг нескольких платформ;  
б) все более возрастающее влияние Windows NT;  
в) использование стандартного графического интерфейса пользователя (GUI);

г) технологии объектно-ориентированного программирования; DDE, OLE, Active X, OPC (OLE for Process Control), DCOM; д) стандартные средства разработки приложений, наиболее популярные среди которых, Visual Basic for Applications (VBA), Visual C; е) появление коммерческих вариантов программного обеспечения класса SCADA-MMI для широкого спектра задач.

Объектная независимость позволяет интерфейсу пользователя представлять виртуальные объекты, созданные другими системами. Результатом расширения возможностей по оптимизации MMI-интерфейса.

2. Data Management (управление данными) отход от узкоспециализированных баз данных в сторону поддержки большинства корпоративных реляционных баз данных (Microsoft SQL, Oracle). Функции управления данными и генерации отчетов осуществляются стандартными средствами SQL, 4GL; эта независимость данных изолирует функции доступа и управления данными от целевых задач SCADA, что позволяет легко разрабатывать дополнительные приложения по анализу и управлению данными.

3. Networking & Services (сети и службы) переход к использованию стандартных сетевых технологий и протоколов. Службы сетевого управления, защиты и управления доступом, мониторинга транзакций, передачи почтовых сообщений, сканирования доступных ресурсов (процессов) могут выполняться независимо от кода целевой программы SCADA, разработанной другим вендором.

4. Real- Time Services (службы реального времени) освобождение MTU от нагрузки перечисленных выше компонентов дает возможность сконцентрироваться на требованиях производительности для задач реального и квази-реального времени. Данные службы представляют собой быстродействующие процессоры, которые управляют обменом информацией с RTU и SCADA-процессами, осуществляют управление резидентной частью базы данных, оповещение о событиях, выполняют действия по управлению системой, передачу информации о событиях на интерфейс пользователя (оператора).

#### Операционные системы

Несмотря на продолжающиеся споры среди специалистов по системам управления на тему что лучше UNIX или Windows NT, рынок однозначно сделает выбор в пользу последней. Решающими для быстрого роста популярности Windows NT стала ее открытая архитектура и эффективные средства разработки приложений, что позволило многочисленным фирмам-разработчикам создавать программные продукты для решения широкого спектра задач.

Рост применения Windows NT в автоматизированных системах управления обусловлен в значительной степени появлением ряда программных продуктов, которые позволяют использовать ее в качестве

платформы для создания ответственных приложений в системах реального времени, а также во встраиваемых конфигурациях. Наиболее известными расширениями реального времени для Windows NT являются продукты компаний VenturCom, Nemalron, RadiSys.

Решения фирмы VenturCom стали стандартом де-факто для создания ответственных приложений жесткого реального времени на платформе Windows NT.

При разработке интерфейса для приложений реального времени разработчики фирмы пошли по пути модификации модуля Windows NT слоя аппаратных абстракций (HAL Hardware Abstraction Layer), отвечающего за выработку высокоприоритетных системных прерываний, мешающих задаче осуществлять управление в жестком реальном времени. Программный продукт Component Integrator компании VenturCom является средством ускоренной разработки и внедрения приложений реального времени для Windows NT; он поставляется в виде интегрированного пакета, состоящего из инструментов для создания встраиваемых приложений (ECK Embedded Component Kit) и собственно расширений реального времени (RTX 4.1), позволяющих приложениям, создаваемым для работы под Windows NT, работать в режиме реального времени.

Компания RadiSys применила другой подход к разработке расширений реального времени: Windows NT загружается как низкоприоритетная задача под хорошо проверенной и известной вот уже лет 20 операционной системой реального времени iRMX. Все функции обработки и управления реального времени выполняются как высокоприоритетные задачи под iRMX, изолированные в памяти от приложений и драйверов Windows NT механизмом защиты процессора. Данный подход имеет то преимущество по сравнению с решением VenturCom, что задача реального времени не зависит от работы Windows NT: в случае сбоя или катастрофической системной ошибки в работе Windows NT управляющая задача реального времени будет продолжать работать. Это решение позволяет информировать основную задачу о проблемах, возникших в работе NT, и оставлять только за ней право продолжения работы или останова всей системы.

Следует отметить, что в SCADA-системах требование жесткого реального времени (т.е. способность отклика/обработки событий в четко определенные, гарантированные интервалы времени) относится, как правило, только к удаленным терминалам; в диспетчерских пунктах управления (MTU) происходит обработка/управление событиями (процессами, объектами) в режиме мягкого (квази-) реального времени.