

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИАГНОСТИКИ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

*Софронов Антон Леонидович(niis@niis.nnov.ru), Лепехин Игорь Юрьевич,
Мальшев Алексей Николаевич*

Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИС им. Ю. Е. Седакова», г. Нижний Новгород

Обозначена важность своевременного и достаточного диагностирования состояния программно-технических средств в составе программно-технических комплексов и систем контроля и управления автоматизированных систем управления технологическими процессами. Приведен перечень типовых объектов и параметров, подлежащих диагностированию. Обозначены проблемы, возникающие при реализации задачи собственной диагностики комплексов и систем. Предложено решение в виде разработанного авторами универсального программного обеспечения, позволяющего создавать распределенные масштабируемые подсистемы резервированного сбора, обработки и выдачи диагностической информации. Описаны особенности данного программного обеспечения, включая основные характеристики, принципы функционирования его компонентов и их взаимодействия по собственному сетевому протоколу обмена данными. Сделаны выводы о преимуществах применения разработанного программного обеспечения в проектах по автоматизации технологических процессов.

Ключевые слова: программное обеспечение, аппаратное обеспечение, диагностика, автоматизированная система управления технологическими процессами.

SOFTWARE FOR DIAGNOSTICS OF AUTOMATED PROCESS CONTROL SYSTEMS SOFTWARE AND HARDWARE COMPONENTS

*Sofronov Anton Leonidovich(niis@niis.nnov.ru), Lepekhin Igor Iurievich,
Malyshev Aleksey Nikolaevich*

Branch of RFNC-VNIIEF «NIIS named after Yu. Ye. Sedakov», Nizhny Novgorod

There is described the importance of timely and sufficient diagnostics of the software and hardware components state as a part of the software-hardware complexes and control and management systems of automated process control systems. The list of typical objects and parameters to be diagnosed is given. The problems that arise when implementing the task of self-diagnostics of the complexes and systems are identified. A solution is proposed as universal software developed by the authors providing to produce distributed scalable subsystems for redundant gathering, processing and release of diagnostic information. Characteristics of the software are described, including the main features, the principles of its components functioning and their interaction via the inherent network data exchange protocol. Conclusions were drawn about the advantages of using the developed software in the projects on technological processes automation.

Key words: software, hardware, diagnostics, automated process control system.

Современные автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) представляют собой сложные многоуровневые гетерогенные системы. Чаще всего такие системы управления строятся на базе компьютеризированных программно-технических комплексов (ПТК) и систем контроля и управления (СКУ), имеющих зачастую

уникальную структуру и состоящих из разнообразных программно-технических средств (ПТС), объединенных и взаимодействующих между собой по локальным вычислительным сетям (ЛВС).

Для поддержания надежности функционирования АСУ ТП, являющейся одной из важнейших составляющих безопасного и бесперебойного функ-

ционирования объекта автоматизации, а также для выявления и локализации возникающих неисправностей, необходимо своевременное и достаточное диагностирование состояния устройств и программного обеспечения (ПО) ПТС в составе ПТК/СКУ.

В табл. 1 приведен перечень типовых объектов (ПТС и входящих в их состав устройств) и параметров, диагностируемых в процессе эксплуатации ПТК/СКУ.

Большинство современных моделей устройств, перечисленных в табл. 1, имеют возможность подключения к IP-сетям и поддерживают выдачу информации о своем состоянии по протоколу Simple Network Management Protocol (SNMP).

Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю. Е. Седакова» имеет богатый опыт в разработке, производстве и сопровождении разнообразных ПТС, ПТК и СКУ АСУ ТП объектов атомной энергетики и топливно-энергетического комплекса. Как показала практика, при реализации задачи диагностики ПТС в составе вновь разрабатываемых ПТК/СКУ, а также при модернизации или изменении состава и структуры существующих комплексов и систем, разработчики зачастую сталкивались с одними и теми же проблемами:

- уникальность состава и структуры различных ПТК/СКУ;
- разнообразии устройств и ПО диагностируемых ПТС;
- интеграция диагностической информации в SCADA либо иное ПО, применяемое в ПТК/СКУ;
- передача данных диагностики в другие подсистемы АСУ ТП из ПТК/СКУ, защищенных от внешнего воздействия межсетевыми экранами либо специализированными устройствами однонаправ-

ленной передачи данных (т.н. диод данных), блокирующих прием поступающего извне сетевого трафика.

В результате реализация собственной диагностики получалась уникальной для каждого ПТК/СКУ и обычно выполнялась либо средствами используемой SCADA, либо путем разработки специализированного ПО под конкретный набор диагностируемых устройств, операционных систем и прочих программных и аппаратных средств, что увеличивало трудоемкость и время разработки ПТК/СКУ в целом.

Для унификации и упрощения реализации задачи диагностики ПТС в составе ПТК/СКУ авторами было разработано универсальное ПО диагностики ПТС АСУ ТП (далее – ПДП).

ПО разработано с применением методологии объектно-ориентированного программирования и имеет модульную архитектуру. Исходный код, включая собственные реализации средств взаимодействия по сетевым протоколам, написан на высокоуровневом языке программирования C++ с использованием кроссплатформенной программной платформы с открытым исходным кодом Qt 4. Для упрощения и автоматизации процессов трансляции и сборки исходного кода в исполняемые программы (бинарные файлы и библиотеки) применяются сценарии, написанные на языке Perl. Разработка и сопровождение ведется с использованием системы управления версиями Subversion. Данный подход позволяет ускорить и упростить процессы разработки ПО, обеспечить дальнейшее улучшение и расширение его функционала, а также выпускать версии под различные операционные системы и аппаратные платформы с минимальными изменениями исходного кода.

Таблица 1

Типовые диагностируемые объекты и параметры

Программно-технические средства	Устройства	Параметры
Рабочая станция (РС); Устройство серверное Унифицированное (УСУ); Устройство телекоммуникационное (УТК); Шлюз сопряжения (ШС); Устройство серверное телекоммуникационное (УСК); Центральное коммутационное устройство (ЦКУ) Вычислительный модуль (ВМ)	Блок системный (БС)	Объем свободной оперативной памяти
		Объем свободного пространства разделов дисковой подсистемы
		Состояние сетевых интерфейсов
		Состояние службы ведения времени
	Блок мультиконтрольный (БМ)	Температура в шкафу
		Состояние дверей шкафа
		Состояние модулей
		Состояние датчиков
	Источник бесперебойного питания (ИБП)	Источник выходной мощности
		Состояние батарей
		Текущая нагрузка
		Расчетное время работы от батареи
	Сетевые устройства (коммутатор, маршрутизатор, диод данных, межсетевой экран и т.п.)	Состояние сетевых портов
		Состояние связи на портах
		Ошибки приема/передачи данных
		Объем сетевого трафика на портах
Устройство переключения питающих сетей (УППС)	Текущая входная сеть	
	Параметры входных сетей	
	Выходной ток/напряжение	

ПДП предназначено для сбора, обработки и передачи в SCADA диагностической информации о состоянии ПТС АСУ ТП в составе ПТК/СКУ на этапе эксплуатации; поддерживает диагностику ПТС (РС, УСУ, УТК, ШС, УСК, ЦКУ, ВМ), перечисленных в табл. 1, а также прочих ПТС верхнего уровня, состоящих из устройств с поддержкой протокола SNMP.

Применение кроссплатформенных технологий в ПДП позволяет использовать его на различных программных (Microsoft Windows, Linux) и аппаратных (IA-32, x86-64) платформах.

ПДП состоит из 6 выделенных по функциональному признаку унифицированных модульных компонентов (табл. 2), представляющих собой самостоятельные приложения, взаимодействующие друг с другом по собственному внутреннему сетевому протоколу обмена данными Diagnostics Data Transfer Protocol (DDTP), за исключением компонента анализа сетевой активности, являющегося разделяемой библиотекой и функционирующего совместно с компонентами сбора либо интеграции.

Диагностические данные представляются в ПДП в виде диагностических сигналов, являющихся информационными структурами, имеющими следующие атрибуты:

- идентификатор (уникальное числовое значение; состоит из идентификаторов ПТС, устройства и диагностируемого параметра);
- метка времени (дата и время получения значения параметра);
- тип значения (аналоговый/дискретный/целочисленный/строковый);
- значение (полученное значение параметра);
- период обновления (период опроса источника значений параметра);
- метка качества (достоверность полученного значения).

Взаимодействие между компонентами ПДП по протоколу DDTP осуществляется по принципу клиент-сервер. На транспортном уровне используется протокол User Datagram Protocol (UDP), работающий без установки и поддержания выделенного сетевого соединения между абонентами, подразумевающего обязательный двусторонний обмен служебными сообщениями, что позволяет применять его для однонаправленной передачи данных.

Существуют следующие типы серверов и клиентов протокола DDTP: активный сервер, пассивный сервер, однонаправленный сервер, активный клиент, пассивный клиент, однонаправленный клиент.

Возможны следующие виды взаимодействия между клиентами и серверами (режимы передачи данных): активный клиент – пассивный сервер (запросный режим), пассивный клиент – активный сервер (инициативный режим), однонаправленный клиент – однонаправленный сервер (периодический режим).

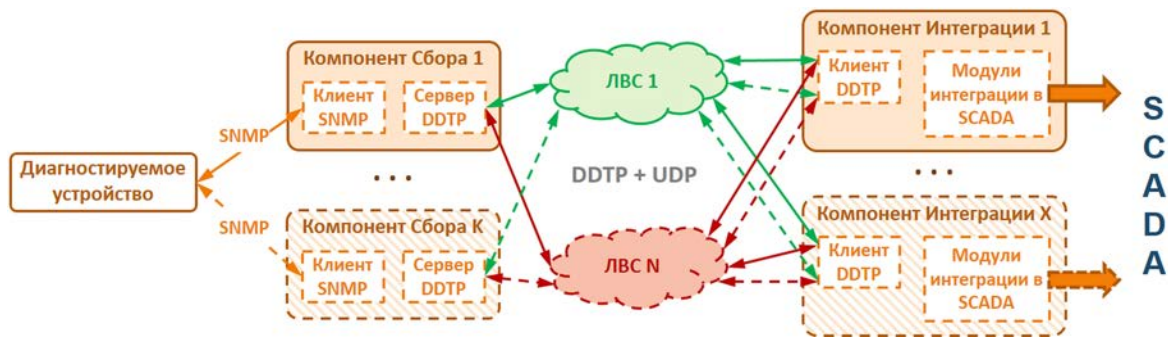
В запросном режиме сервер выдает данные как всех, так и изменившихся сигналов только при поступлении соответствующих запросов от клиентов; в инициативном режиме сервер выдает данные всех сигналов при поступлении соответствующего запроса от клиентов, а данные изменившихся сигналов посылаются сервером подключившимся клиентам в инициативном порядке; в периодическом режиме клиенты не подключаются к серверу и не отправляют ему никаких запросов, а сервер периодически рассылает данные всех сигналов предварительно заданному в конфигурации перечню клиентам.

Внутренняя архитектура компонентов ПДП позволяет реализовать сбор (агрегацию) одних и тех же данных от разных источников (компонентов), а также обмен данными между компонентами одновременно по нескольким сетям, что позволяет организовать в ПТК/СКУ горячее резервирование сбора и передачи диагностических данных (рисунк).

Таблица 2

Компоненты программы

№	Наименование компонента (функции)	Обозначение	Назначение
1	Сбор данных	ДКС	Сбор диагностических данных с устройств по протоколу SNMP, обработка и передача другим компонентам по протоколу DDTP
2	Интеграция данных	ДКИ	Прием диагностических данных от других компонентов по протоколу DDTP, обработка и передача (интеграция) в SCADA
3	Анализ сетевой активности	КДАСА	Обработка диагностических данных для формирования информации по сетевой активности
4	Просмотр	ДКП	Прием диагностических данных от других компонентов по протоколу DDTP и их отображение в графическом интерфейсе
5	Управление	ДКУ	Удаленное управление функционированием компонентов ПДП
6	Конфигурирование	ДКК	Создание прикладного проекта



Пример организации резервированного сбора и передачи данных

Диагностический компонент сбора (ДКС) осуществляет сбор диагностических данных с устройств (до 25 устройств) путем периодической отправки запросов на получение значений заданных параметров по протоколу SNMP версии 1 либо 2с (до 100 параметров на каждое устройство либо до 250 при общем количестве не более 1000 на все устройства). В компоненте используется собственная кроссплатформенная реализация менеджера (клиента) SNMP, соответствующая спецификациям RFC1155...RFC1157 (версия 1) и RFC1901...RFC1908, RFC2578 (версия 2с) за исключением отсутствия возможности приема и обработки trap-сообщений (асинхронных сообщений от устройств). При получении обновленных значений параметров ДКС формирует соответствующие им диагностические сигналы путем присвоения меток времени и назначения качества. Компонентом также поддерживается предварительная обработка сигналов в части обработки их значений (нормализация, масштабирование, преобразование типов данных и т. д.) и введения расчетных сигналов, т. е. сигналов, значения которых зависят от состояния других сигналов и формируются по заранее заданным математическим либо логическим формулам. Сформированные сигналы далее становятся доступны для передачи другим компонентам ПДП через серверы протокола DDTTP (до 5 одновременно функционирующих серверов разного типа; до 10 клиентов на каждый сервер).

Диагностический компонент интеграции (ДКИ) выполняет прием диагностических сигналов от других компонентов ПДП через клиентов протокола DDTTP (до 25 одновременно функционирующих клиентов разного типа). Компонентом поддерживается предварительная обработка сигналов, аналогичная таковой в ДКС. Полученные данные могут быть переданы другим компонентам ПДП через серверы протокола DDTTP (до 5 одновременно функционирующих серверов разного типа; до 10 клиентов на каждый сервер) либо интегрированы в SCADA: в программную платформу «СКАДА АТОМ-НН» по протоколу DDTTP, в подсистему передачи данных (ППД) из состава ПО ПОРТАЛ (АО «РАСУ»), в прочие системы по протоколу ГОСТ Р МЭК 60870-5-104. Интеграция данных в ППД осуществляется средствами сторонней библиотеки клиента Data Transfer System (DTS). В компоненте используется собственная

кроссплатформенная реализация средств взаимодействия по протоколу ГОСТ Р МЭК 60870-5-104, соответствующая требованиям и спецификациям одноименного семейства стандартов.

Компонент диагностики по анализу сетевой активности (КДАСА) расширяет функционал компонентов ДКС и ДКИ в части обработки диагностических данных для формирования информации по сетевой активности.

Компонент обеспечивает диагностирование таких событий на сетевых устройствах (коммутатор, маршрутизатор, межсетевой экран, системный блок и т. д.), как подключение/отключение абонентов, выход за допустимые пределы объема сетевого трафика на портах/интерфейсах, возникновение ошибок приема/передачи данных на портах/интерфейсах, изменение конфигурации устройств. Это позволяет использовать ПДП для мониторинга состояния ЛВС ПТК/СКУ, в том числе для обнаружения аномалий трафика в сети и выявления несанкционированных абонентов.

Диагностический компонент просмотра (ДКП) предоставляет графический пользовательский интерфейс для отображения диагностических данных и позволяет в реальном времени наблюдать за текущим состоянием сигналов диагностики ПДП независимо от SCADA. Компонент выполняет прием диагностических сигналов от других компонентов ПДП через клиентов протокола DDTTP (до 30 одновременно функционирующих клиентов разного типа). Диагностические данные от каждого компонента отображаются в табличной форме на отдельных вкладках главного окна программы.

Диагностический компонент управления (ДКУ) предназначен для удаленного управления функционированием компонентов ДКС, ДКИ и ДКП, и позволяет выполнять над ними такие операции, как установка/удаление, загрузка (запуск)/выгрузка (останов), установка конфигурации, контроль версий компонентов и их конфигураций. ДКУ разделяется на клиентскую и серверную части, взаимодействующие между собой по протоколу DDTTP. Серверная часть выполняется на диагностируемых ПТС. Она выполняет операции по управлению функционированием компонентов в соответствии с поступающими от клиентской части запросами, включая также выдачу информации о компонентах ПДП и их кон-

фигурации. Клиентская часть предоставляет графический интерфейс, в котором схематически отображаются диагностируемые ПТС (до 50 ПТС) с функционирующими на них компонентами ПДП и их текущим состоянием; пользователь может выбрать интересующий его компонент и выполнить над ним необходимые операции.

Диагностический компонент конфигурирования (ДКК) предоставляет графический пользовательский интерфейс для создания и редактирования конфигурации компонентов ПДП, представляющей собой единую информационную иерархическую объектную структуру – прикладной проект. В прикладном проекте используются следующие классы объектов: программно-техническое средство, устройство, программный компонент, сигнал. ДКК содержит библиотеку системных (типовых) и пользовательских шаблонов объектов (именованных объектов с predefined значениями атрибутов и атрибутами недоступными для редактирования). В программе реализовано разграничение прав доступа на действия над прикладным проектом, шаблонами и их атрибутами (три типа пользователей с различным уровнем привилегий, от меньшего к большему – «оператор», «руководитель проекта», «администратор программы»). Таким образом, конфигурирование ПДП для

использования в ПТК/СКУ заключается в добавлении в прикладной проект объектов, созданных на базе системных и пользовательских шаблонов, в их модификации под конкретные программные и технические средства, а также в задании и настройке взаимосвязей между объектами. Итоговая конфигурация экспортируется в набор файлов встраиваемой СУБД SQLite – для каждой используемой в ПТК/СКУ компоненты ПДП создается отдельный конфигурационный файл.

Применение разработанного ПО диагностики ПТС АСУ ТП в проектах по автоматизации технологических процессов позволяет реализовать распределенные масштабируемые подсистемы резервированного сбора, обработки и выдачи диагностической информации о состоянии ПТС АСУ ТП для ПТК/СКУ произвольной структуры, независимо от типа используемых ПТС и входящих в их состав аппаратных и программных средств. Использование объектной модели и шаблонов типовых диагностируемых устройств позволяет уменьшить трудоемкость и время разработки прикладных проектов для диагностики ПТС в составе конкретных ПТК/СКУ, а также упростить реконфигурацию ПО диагностики при изменении состава и структуры как отдельных ПТС, так и ПТК/СКУ в целом.