УДК 681.5

ПРОГРАММНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА СЕТЕВЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЛАБОРАТОРИЙ (ИКСАЛ)

© 2009 И.А. Прошин, Д.И. Прошин, Р.Д. Прошина

Пензенская государственная технологическая академия

Поступила в редакцию 23.11.2009

Рассматривается архитектура универсальной, расширяемой и открытой программной платформы для построения интегрированного комплекса сетевых автоматизированных лабораторий. Приводится состав, описание функций и назначение основных элементов платформы, а также пример реализации комплекса на базе конкретных пакетов программ.

Ключевые слова: *автоматизация научных исследований, интегрированный комплекс, программное обеспечение, лаборатория, модель, профессиональная подготовка, управление*

Главной особенностью интегрированного комплекса сетевых автоматизированных лабораторий (ИКСАЛ) [1] является его многофункциональность и поддержка большого числа вариантов использования. Поэтому основное требование к программному обеспечению (ПО) – это универсальность, расширяемость и открытость (возможность гибкой интеграции с элементами комплекса). При этом надо учитывать, что программное обеспечение ИКСАЛ само по себе является объектом исследования лаборатории и его структура должна полностью определяться составом и структурой программного обеспечения существующего и функционирующего на реальных предприятиях с расширенными возможностями по исследованию самого ПО.

Рассмотрим, в качестве примера, ИКСАЛ для обеспечения дисциплин специальности «Автоматизация технологических процессов и производств». В основу архитектуры программного обеспечения комплекса положена типовая структура ИАСУП современного предприятия (рис. 1). Учитывая специальность, особое внимание уделено подсистемам уровня SCADA и MES, а также инструментам, обеспечивающим передачу и преобразование информации для обмена с верхним уровнем – ERP.

Рис. 1. Пирамида типовых подсистем ИАСУП

В состав программной платформы для построения ИКСАЛ входят:

1) системы супервизорного контроля и управления SCADA/HMI;
2) системы супервизорного контроля и управления SCADA/HMI;
3) системы реального времени контроллера (СРВК);
4) заводские информационные управляющие системы PIMS;
5) инструменты извлечения, преобразования и загрузки информации ETL;
6) подсистемы обработки сырых данных с измерительных приборов и устройств MDM;

Прошин Иван Александрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизация и управление». E-mail: proshin@pgta.ru
Прошин Дмитрий Иванович, кандидат технических наук, доцент. E-mail: ProshinDI@Softlocalizer.com
Прошина Раиса Дмитриевна, старший преподаватель кафедры «Автоматизация и управление»

7) сервера приложений, математические пакеты обработки информации;
8) SQL-сервера;
9) операционные системы ОС;
10) драйвера различных приборов и устройств, OPC-сервера и т.д.

Весь комплекс программных средств должен быть представлен в ИКСАЛ с точки зрения выполнения определённых функциональных задач лаборатории и как объект исследования. Исходя из этого, можно определить следующую архитектуру программной платформы для построения ИКСАЛ (рис. 2).

Многофункциональные объекты исследования. Нижний уровень системы представлен множеством многофункциональных объектов (МФО) исследования двух типов: первый тип – интеллектуальные, имеющими цифровые интерфейсы на выходе, функционально-законченные приборы и устройства; второй тип – подключаемые к контроллеру датчики и исполнительные механизмы. Выбор конкретной реализации МФО зависит в основном, от скорости протекания изучаемых процессов. Если первый тип МФО позволяет интегрировать в систему высокоскоростные процессы (скорость протекания которых может измеряется микросекундами), то второй тип предназначен для обработки и ввода достаточно медленно меняющихся сигналов (100-250 миллисекунд). Например, реализация МФО «Синхронный генератор – распределённая сеть» относится к первому типу, в то время как МФО «Интегрированный комплекс технологических процессов» – ко второму.

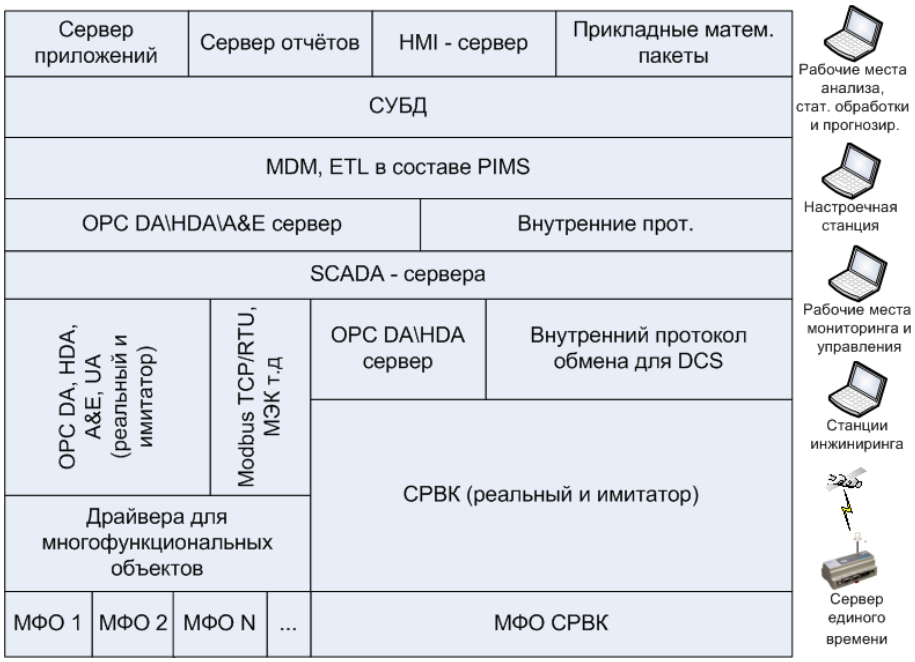

Рис. 2. Структура программной платформы ИКСАЛ

Если рассматривать реальные промышленные АСУ, то в них мы также можем обнаружить эти два типа подсистем. Так в электроэнергетике измерители показателей качества электрических сигналов, цифровые электросчётчики, комплексы РЗА и ПА на электрических подстанциях реализуются в виде подсистем первого типа, в то время как автоматизированные системы управления температурой, уровнем, концентрацией, давлением и т.д. на объектах генерации электрической энергии реализуются как второй тип. Система реального времени контроллера (СРВК) предназначена для управления контроллером и обеспечивает поддержку функциональности распределённых систем управления (DCS).

1) Поддержка внутреннего отказоустойчивого протокола обмена со SCADA системой.
2) Децентрализованная обработка данных. Данные могут обрабатываться на нескольких уровнях системы: в контроллере, в SCADA – сервере, на станциях оператора.
3) Исполнение пользовательских программ, разработанных в интегрированных средах разработки (ИСР) на языках стандарта IEC61131-3.
4) Поддержка алгоритмов регулирования в том числе, реализованных в виде плат расширения контроллера.
5) Ведение оперативной базы данных технологических параметров.

6) Регистрация аварийных ситуаций.
7) Визуализация данных на контроллере.
8) Резервирование контроллеров, отдельных модулей и сети.
9) Горячая загрузка и удалённая отладка пользовательских программ на контроллере.
10) Диагностика и автоматический перезапуск и др.

Разработка конкретных технологических программ, а также определение базы данных технологических переменных осуществляется с помощью специализированных интегрированных сред разработки. За загрузку этих данных в контроллер отвечает «станция инжиниринга» – отдельно выделенный АРМ. Эти инструменты, как правило, входят в состав SCADA систем, поддерживающих построение DCS. Для их изучения в ИКСАЛ используются промышленные имитаторы СРВК.

Уровень мониторинга, контроля и управления МФО в ИКСАЛ. Обмен данными с подсистемами следующего уровня (SCADA серверами), также определяется существующими общепринятыми стандартами и протоколами обмена Modbus, МЭК, OPC и др. Особое место среди них занимает стандарт OPC. Вот какое определение OPC приводится на сайте одного из Российских производителей OPC – серверов www.opcserver.ru: «OPC – набор повсеместно принятых спецификаций, предоставляющих универсальный механизм обмена данными в системах контроля и управления. OPC-технология обеспечивает независимость потребителей от наличия или отсутствия драйверов или протоколов конкретных устройств, что позволяет выбирать оборудование и программное обеспечение, наиболее полно отвечающее реальным потребностям бизнеса».

Спецификация OPC построена на основе клиент-серверного взаимодействия OPC клиента и OPC сервера (см. рис. 3). Для отдельных МФО реализуются отдельные OPC – сервера, а SCADA и другие подсистемы ИКСАЛ содержат встроенного OPC – клиента для интеграции этих МФО в систему. Такой подход позволяет практически неограниченно расширять количество МФО в системе и обеспечивает доступность данных на любом уровне. До 2009 г. аббревиатура OPC раскрывалась как технология OLE для процессов управления (OLE for Process Control), однако последняя спецификация OPC UA изменила это положение и теперь стандарт определяет только интерфейсы обмена, а с сайта организации OPC Foundation удалена расшифровка аббревиатуры OPC. Сегодня стандарт OPC наиболее широко применяем для обмена данными в АСУТП.

Рис. 3. Использование OPC технологий

За основу в ИКСАЛ приняты несколько основных типов OPC спецификаций:
1) OPC DA - для обмена оперативными данными. OPC- клиент запрашивает у сервера одновременно одно значение параметра (тэг);
2) OPC HDA - для обмена историческими данными. OPC – клиент запрашивает у сервера историю изменения параметра за заданное время;
3) OPC A&E – для обмена событиями и тревогами двух разных подсистем;
4) OPC UA – универсальный OPC. Обмен историей, текущими значениями, событиями и тревогами.

Гибкость клиент-серверной технологии OPC, позволяет использовать источники данных (МФО) для построения учебных SCADA систем в любом месте локальной сети учебного заведения. Кроме того, имеется масса имитаторов OPC, которые позволят по максимуму разделить процессы сбора и обработки информации с реальных устройств и процессы изучения OPC как средства взаимодействий различных подсистем. Помимо открытых интерфейсов и технологий взаимодействия в ИКСАЛ реализуются глубоко интегрированные закрытые протоколы обмена SCADA-серверов и СРВК. Наличие этих протоколов определяет основу построения распределённых (DCS) систем и обеспечивает единую интегрированную среду для разработки распределённых SCADA проектов.

SCADA система в ИКСАЛ это:
1) многофункциональная открытая среда для построения учебных систем мониторинга, контроля и управления;
2) среда для создания технологических программ и алгоритмов управления для различных уровней системы (контроллер, SCADA-сервер, станция оператора);
3) инструмент для создания многопользовательских локальных и распределённых HMI интерфейсов различных лабораторных работ;

4) средство обработки и анализа данных с источников МФО и с эмуляторов;
5) реальная АСУ ТП, работающая в лабораторных условиях;
6) основа для исследования различных архитектур АСУ ТП от распределённой до локальной;
7) средство протоколирования и разграничения доступа к МФО;
8) среда для создания гибкой системы отчётности;
9) фундамент для построения подсистем ИКСАЛ верхнего MES-уровня.

Каждый проект, разработанный в SCADA для ИКСАЛ должен определять атомарность доступа к различным операциям МФО и контролировать очерёдность их исполнения. Все функции визуализации и обработки информации доступны из internet и intranet сетей, что позволяет осуществить поддержку концепции дистанционного обучения.

PIMS (Plant Information Management System) в составе ИКСАЛ. Следующий уровень платформы для построения ИКСАЛ представлен программными продуктами класса PIMS. Основное назначение этих продуктов это – сбор, очистка и консолидация данных из различных источников (SCADA систем, OPC, XML, реляционных баз данных) в высокоуровневые СУБД. Одна из основных проблем, решаемых на этом уровне – это преобразование быстроменяющейся информации от технологических источников, хранящейся в специализированных базах данных реального времени в «медленный» реляционный формат, доступный приложениям уровня MES и ERP. Типовая архитектура приложений данного уровня представлена на рис. 4. Данные с различных источников через специализированные компоненты связи поступают последовательно вначале на вычислительные модули MDM подсистемы, где проходят предварительную очистку и восстановление (валидацию и достоверизацию), а затем поступают на компоненты обработки – агрегирования данных, превращаясь из текущих значений параметров в усреднённые показатели различных временных срезов. Далее эти значения сохраняются в универсальном открытом формате в высокоуровневых СУБД с возможностью их забора обычными SQL-запросами.

Основные функции, выполняемые подсистемами PIMS в ИКСАЛ:
1) сбор, очистка и консолидация технологических данных из широкого спектра источников (OPC, РБД, XML, SCADA);
2) обеспечение доступа удалённых клиентских приложений к данным системы (MS SQL, Oracle, ODBC, OLE DB);
3) преобразование данных из разнородных источников в единый открытый формат;
4) сохранение архивных и оперативных данных в различных временных срезах;
5) поддержка именований тегов по стандартам AKS, KKS;
6) удалённое internet и intranet конфигурирование;
7) возможность одновременного конфигурирования в единой среде нескольких проектов и нескольких серверов.

Интеграция подсистемы PIMS в ИКСАЛ направлена на решение сразу несколько задач:
1) обеспечение одновременного доступа к технологическим данным системы всем участникам процесса обучения в любом месте сети без дополнительной нагрузки на оборудование МФО и SCADA-сервер;
2) разделение одних и тех же данных от технологических объектов по произвольным временным срезам с целью предоставить возможность одновременной обработки различных массивов данных и получения единых результатов;
3) создание интуитивно понятной системы именования тэгов верхнего уровня;
4) создание информационной платформы для построения расчётных, информационных и аналитических подсистем верхнего уровня.

Как объекты исследования все подсистемы PIMS представляют большой интерес. Удалённая настройка и гибкое конфигурирование позволяют строить неограниченное число учебных проектов консолидации данных, не затрагивая функционирование основного проекта на сервере. Различные СУБД для сохранения данных (SQL сервер, Oracle и т.д.) также являются предметом изучения, поскольку навыки администрирования и настройки этих инструментов на 100% востребованы в IT–службах практически любого предприятия. ИКСАЛ позволяет на практике оценить полезность и удобство использования данных средств.

Уровень приложений в ИКСАЛ. Верхний уровень ИКСАЛ представлен набором средств построения учебных подсистем диспетчеризации, анализа, отчётности и прогнозирования. На данном уровне рассчитываются основные показатели эффективности работы оборудования, проводится обработка и детальный анализ данных, поддерживаются возможности проведения большого спектра научных и учебных исследований. Подсистемы диспетчеризации в ИКСАЛ реализуются на основе промышленных SCADA/HMI – систем, которые интегрируются на уровне данных с PIMS подсистемами. Обладая клиент-

серверной архитектурой, эти подсистемы позволяют строить удалённые АРМ обобщённого мониторинга и контроля процессов и показателей МФО. На этих же средствах реализуется большинство расчетных задач, подсистемы отчётности и прогнозирования, поскольку богатые графические и вычислительные возможности полностью удовлетворяют этим целям.

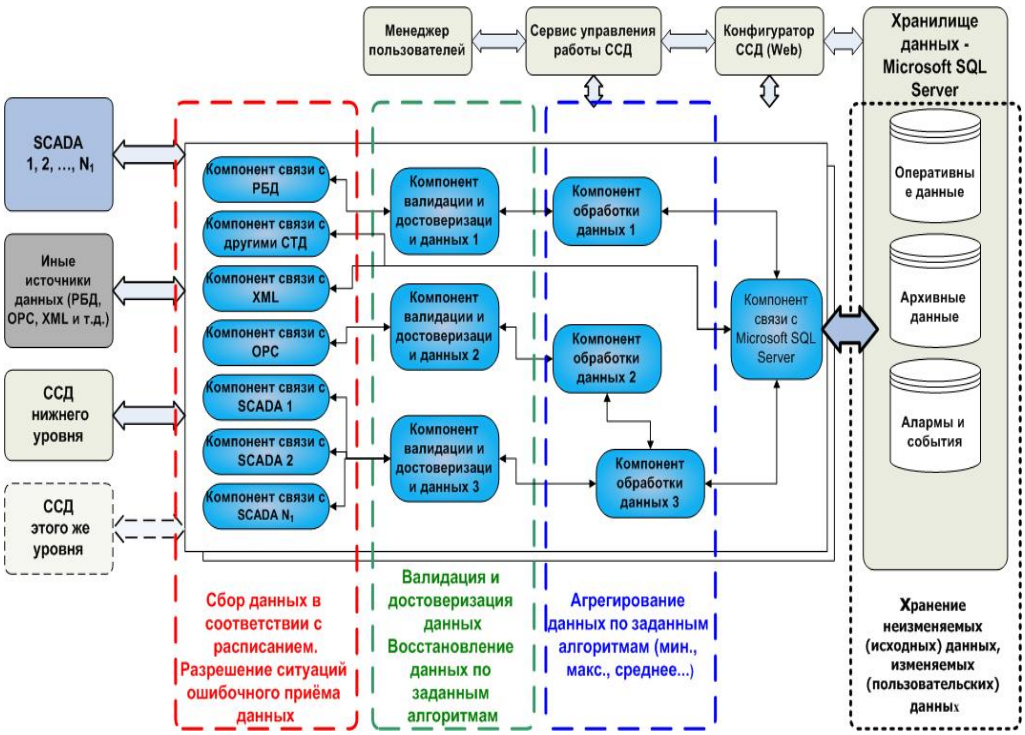

Рис. 4. Архитектура PIMS в ИКСАЛ

Для примера приведём функции и возможности используемой в ИКСАЛ системы данного класса www.datarate.krug2000.ru:

1) создание операторского интерфейса для отображения информации из различных источников, в т.ч. из СУБД;
2) обмен данными с СУБД в формате PIMS системы (имеется в виду конкретная PIMS - WideTrack);
3) реализация расчетных алгоритмов произвольной сложности на современном языке высокого уровня C#;
4) неограниченная возможность использования системного API;
5) организация системы автоматизированной подготовки и формирования отчётов;
6) поддержка библиотек расчётных формул энерго-ресурсов и др.;
7) объектно-ориентированный подход к построению проектов и программированию;
8) сквозная система аутентификации пользователей;
9) работа как с «толстыми» так и с «тонкими» сетевыми клиентами;
10) Web – контроль с полнофункциональным управлением.

Помимо SCADA/HMI на данном уровне в ИКСАЛ находят своё применение математические пакеты, такие как MathLab, MathCAD, пакеты специализированных программ статистической обработки данных Statistica и др. Все компоненты комплекса от МФО до уровня приложений синхронизируются по времени специализированной подсистемой единого времени. Единое время позволяет определять и изучать задержки в передаче данных между различными уровнями системы. А также поддерживает целостность хронологии событий, протекающих в системе. Как пример конкретной реализации описанной выше архитектуры рассмотрим ИКСАЛ построенный на компонентах, разработанных Российским производителем НПФ КРУГ (рис. 5).

Выводы. Использование рассмотренной в статье программной платформы для построения ИКСАЛ позволяет добиться максимальной надёжности, гибкости, открытости, масштабируемости и расширяемости комплекса. Различные МФО могут включаться в ИКСАЛ с минимальными трудозатратами и минимальным влиянием на уже функционирующие объекты. Поддержка клиент-серверного взаимодействия на всех уровнях системы обеспечивает возможности доступа и управления данными и объектами ИКСАЛ с любой рабочей станции в сети при этом все элементы комплекса могут быть разнесены

территориально. Максимальная приближённость архитектуры ИКСАЛ к реально-действующим системам на предприятиях даёт уникальные возможности по исследованию различных характеристик процессов сбора, обработки и передачи информации.

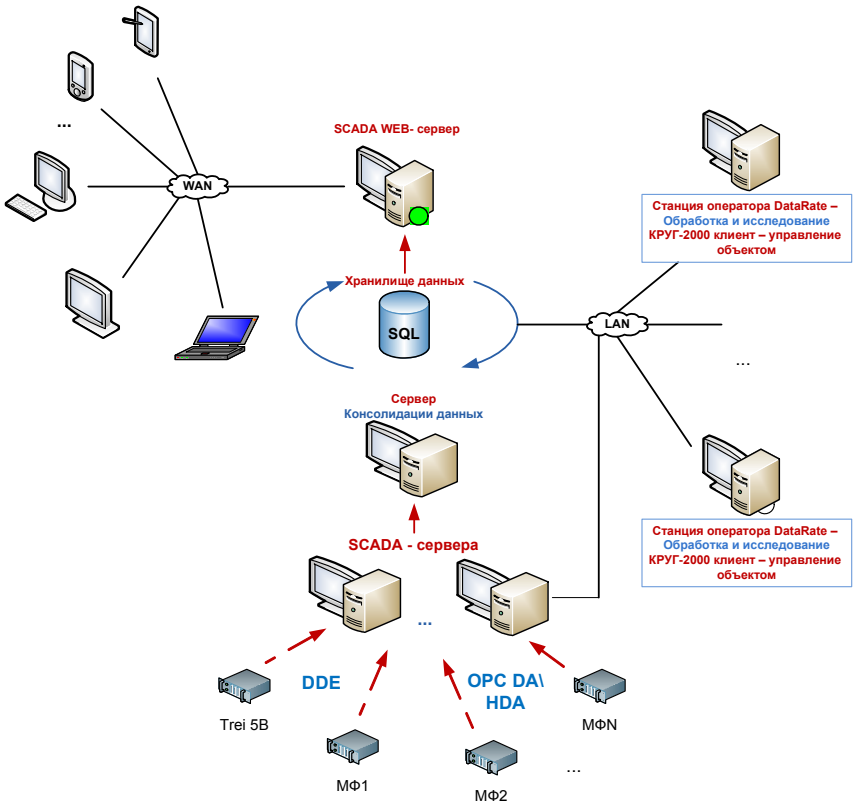

Рис. 5. Архитектура ИКСАЛ на программных продуктах НПФ КРУГ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Прошин, И.А.* Концепция интегрированных комплексов сетевых автоматизированных лабораторий с использованием виртуально-физической среды / *И.А. Прошин, Д.И. Прошин, Р.Д. Прошина* // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – Курск. – 2008. – № 12. – С. 33-37.

PROGRAM PLATFORM FOR CONSTRUCTION THE INTEGRATED COMPLEX OF NETWORK AUTOMATED LABORATORIES

© 2009 I.A. Proshin, D.I. Proshin, R.D. Proshina

Penza State Technological Academy

The architecture of the universal, expansive and open programm platform for construction the integrated complex of network automated laboratories is observed. Composition, description of functions and destination of basic elements of a platform, and also an instance of complex implementation on the basis of concrete software packages is brought.

Key words: *automation of scientific researches, integrated complex, software, laboratory, model, vocational training, management*

Ivan Proshin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department "Automation and Control". E-mail: proshin@pgta.ru
Dmitriy Proshin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor. E-mail: ProshinDI@Softlocalizer.com
Raisa Proshina, Senior Lecturer at the Department "Automation and Control"