

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБМЕНА ДАННЫМИ С СИСТЕМАМИ УПРАВЛЕНИЯ

А. П. Козлецов, канд. техн. наук
ООО "АМастер", г. Саратов, Россия

И. С. Решетников, канд. техн. наук
Ассоциация MESA International, Российская рабочая группа, Москва, Россия

Основные трудности при обеспечении на производственных предприятиях совместной работы разнообразных систем управления связаны с преобразованием сообщений при обмене информацией между ними. Применение различных стандартов и технологий интеграции информационных систем способно значительно облегчить решение этих задач. В статье рассматриваются такие стандарты, а также особенности их применения на производственных предприятиях.

Ключевые слова: системы управления, стандарты интеграции, MES, ISA-95, промышленные информационные сети, SCADA.

Максимальный эффект от автоматизации производственного предприятия достигается возможностью обмена данными и использования результатов работы информационных систем на разных уровнях иерархии управления. Без средств такого обмена приходится иметь дело с "островками автоматизации", существующими обособленно друг от друга. Ключевым участником взаимодействия таких "островков" становится человек-оператор, который должен вводить данные из одной системы в другую, что практически неизбежно приводит к серьезному замедлению обмена данными и возникновению различных ошибок. Например, на некоторых предприятиях данные в систему контроля качества вводятся следующим образом: инженер-технолог проходит по всем производственным участкам и записывает в тетрадь значения интересующих его показателей, после чего возвращается на свое рабочее место и вносит данные в программу расчета контрольных карт.

Получается, что данные из одной программной системы в другую попадают через тетрадь технолога.

В настоящее время не возникает сомнений в важности решения задачи организации обмена данными между системами, работающими на одном уровне иерархии управления, и между самими уровнями управления. Решение этой задачи на производственном предприятии осложняется наличием такого уровня АСУТП, на котором используются специфические информационные технологии, во многом отличные от "офисных" информационных технологий. Без связи с АСУТП на верхних уровнях трудно обеспечить принятие решений, учитывающих реальное положение дел.

Цель настоящей статьи — обзор современных технологий и подходов, позволяющих успешно и эффективно передавать информацию о ходе технологического процесса в направлении, нужном пользователю (рис. 1).

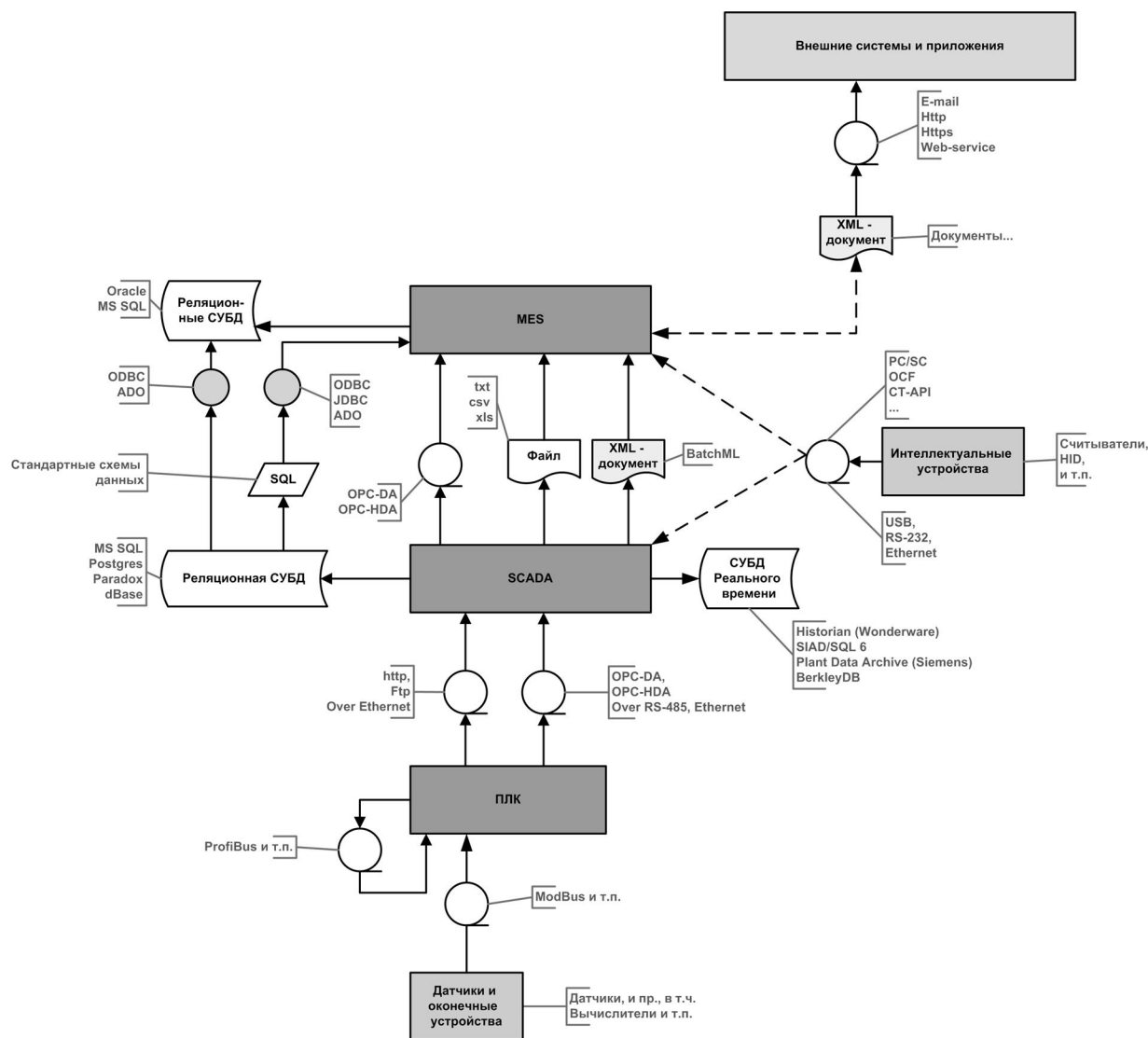


Рис. 1. Схема организации информационного взаимодействия

Интеграция систем управления технологическим процессом

Необходимость решения задач интеграции возникает уже на самом нижнем уровне иерархии управления [1], где нужно обеспечить возможность обмена информацией между программируемым логическим контроллером (ПЛК) и различными датчиками и исполнительными устройствами, а также между различными ПЛК. В зависимости от объема данных, которые должны передаваться от датчика к контроллеру и от контроллера к исполнительному устройству, а также от "интеллектуальности" таких устройств, для обеспечения обмена информацией могут использоваться полевые (HART, ASi, PROFIBUS PA, Foundation Fieldbus, DeviceNet, CAN Open) или промышленные (Modbus, PROFIBUS DP, PROFINET, DH-485, DF1) сети. К полевым сетям с некоторыми оговорками можно отнести и специальные информационные сети, используемые при автоматизации зданий — такие как LonWorks или KNX/Instabus [2].

Полевые сети предназначены в первую очередь для организации связи между контроллерами и исполнительными устройствами, или между контроллерами и удаленными модулями ввода—вывода, а основная задача промышленных сетей — обеспечить связь контроллеров между собой и с рабочими станциями операторов [3]. Несмотря на разграничение задач между двумя типами сетей, провести четкую границу между ними не всегда возможно. Например, PROFIBUS DP широко применяется как для межконтроллерного взаимодействия и связи с системами верхнего уровня, так и для связи контроллера с распределенной периферией и интеллектуальными полевыми приборами (частотными приводами, локальными регуляторами и пр.). То же можно сказать и про Modbus. В большинстве случаев эта технология применяется для опроса и управления полевыми приборами, однако нередко приходится сталкиваться и с примерами межконтроллерной связи по Modbus [4].

Полевые сети, как правило, обладают довольно простой структурой и имеют относительно низкую стоимость монтажа и наладки. Кроме того, обычно только полевые сети имеют характеристики, позволяющие использовать их во взрывоопасных зонах. Полевые сети применяются не только для замены аналоговых линий связи, но и для расширения функциональности таких линий (передача диагностических сообщений, настройка прибора). Скорость передачи данных в полевых сетях обычно не превышает 9600 бит/с. Промышленные же информационные сети могут иметь сложную топологию, объединять большое число абонентов и позволяют обмениваться информацией на очень больших скоростях — 12 мбит/с (PROFIBUS DP), 100 мбит/с (PROFINET) [5, 6].

Контроллер должен общаться не только с полевыми приборами, но и с контроллерами, управляющими работой других участков производственной линии. Задача интеграции отдельных ПЛК легко решается только в том случае, если объединяются ПЛК одного производителя. В противном случае возникают трудности даже в том случае, если ПЛК поддерживают одни и те же технологии связи, например PROFIBUS DP. В течение долгого времени большой популярностью пользовалась организация связи между ПЛК с помощью дискретных и аналоговых сигналов. То есть выходы одного контроллера соединялись со входами другого, полученные линии связи использовались для передачи сигналов о готовности участка производственной линии к обработке заготовок, команд в дискретном коде и т. д. Недостатки данного способа: низкая гибкость, ограниченный объем передаваемой информации, малая масштабируемость. Но из-за главного достоинства — возможности обеспечить связь между контроллерами любых производителей — данный способ применяется и сейчас.

Современный подход заключается или в использовании для связи ПЛК промышленных информационных сетей, или в организации обмена информацией через системы верхнего уровня — например, SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition — диспетчерский контроль и сбор данных) [7]. Промышленная информационная сеть должна обладать или возможностью обмена данными между одноранговыми устройствами, или возможностью одному и тому же контроллеру работать и в качестве ведущего устройства при обмене данными с полевыми устройствами, и в качестве ведомого — при обмене данными с другими контроллерами. Эти возможности обеспечивают сети PROFIBUS DP, PROFINET, DF1 [8].

При обмене данными между ПЛК, как и между системами более высокого уровня, важно не только обеспечить передачу от одного участника обмена к другому, но и добиться, чтобы одни и те же данные интерпретировались всеми участниками одинаково. Эта задача становится

особенно важной в том случае, когда необходимо объединить между собой автоматизированные производственные линии разных производителей. Даже если на линиях используются одинаковые ПЛК интеграция может быть затруднена, например, из-за различных форматов передаваемых данных. Одно из решений этой проблемы — использование концепции компонентной автоматизации (Component Based Automation — CBA) [8]. В соответствии с этой концепцией каждый производственный участок должен иметь стандартизированное описание команд, управляющих им, и данных, которые могут быть получены с него. При наличии подобного описания любой сторонний разработчик сможет обеспечить интеграцию системы управления данным производственным участком со своей системой. В настоящее время CBA пока не получила широкого распространения.

Так как технологии взаимодействия ПЛК с системами верхнего уровня уже достигли высокой степени стандартизации, обмен данными между ПЛК через вышестоящую систему легко организовать даже в том случае, если они выпущены разными фирмами. Обычно в качестве вышестоящей системы выступает SCADA. При этом могут использоваться любые технологии связи ПЛК и SCADA: OPC, HTTP, FTP и др. Но не следует забывать о серьезном недостатке такого подхода: в обмене данными участвует персональный компьютер — элемент, гораздо менее надежный, чем ПЛК. Если он "зависнет" или выйдет из строя, обмен данными прервется. Поэтому приходится либо тратить дополнительные средства на резервирование рабочей станции SCADA, либо мириться с достаточно высокой вероятностью прерывания обмена данными.

Рассмотрим более подробно технологии, с помощью которых SCADA может получить данные с контроллера. Самый простой способ — использование специальных драйверов, разработанных поставщиками оборудования или SCADA. Хотя этот способ и позволяет достичь наибольших скоростей обмена, в настоящее время он применяется довольно редко из-за того, что драйверы для связи с оборудованием, как правило, создаются для узкого набора SCADA, остальные же системы оказываются "за бортом". Самой популярной технологией связи ПЛК и любых компьютерных приложений, в том числе SCADA, является технология OPC. Первоначально эта аббревиатура расшифровывалась как OLE for Process Control, поскольку первоначально в основе обмена данными лежала технология OLE (Object Linking and Embedding) компании Microsoft. Соответственно, OPC в подавляющем большинстве случаев использовалась только на компьютерах под управлением операционной системы Windows.

В последние годы сформировалась тенденция к большему разнообразию технологий и платформ, участвующих в обмене данными с ПЛК, поэтому ассоциацией OPC Foundation было при-

нято решение о разработке новой спецификации — OPC Unified Architecture (OPC UA), которая не ограничивала бы пользователей и разработчиков в использовании той или иной технологии для обмена данными. В OPC UA описывается только информация, которая должна передаваться между разными уровнями управления, при этом выбор способа передачи информации остается за разработчиком системы [9]. С отказом от преимущественного использования OLE связан и тот факт, что термин "OPC" теперь обычно используется без расшифровки.

До тех пор, пока OPC UA не получила широкого распространения, наиболее популярными стандартами обмена данными между ПЛК и компьютерными приложениями остаются OPC Data Access (OPC DA) и OPC Historical Data Access (HDA). Первый используется для обмена данными с контроллером в реальном времени, второй — для получения архивных данных с контроллера или другого устройства, например счетчика электроэнергии. Широкое распространение OPC DA позволило фирмам-поставщикам SCADA отказаться от разработки драйверов для связи с устройствами, так как большинство крупных производителей ПЛК и систем управления поддерживают стандарт OPC и выпускают OPC-серверы для своего оборудования. Это обстоятельство дает возможность забыть, что контроллеры могут подключаться к компьютеру с использованием самых разных технологий и сетевых протоколов. Для SCADA одинаково выглядят контроллер, доступ к которому производится по сети PROFIBUS (на основе RS-485), по PROFINET (на основе Ethernet) и устройство, подключенное по интерфейсу "токовая петля", поддерживающее закрытый протокол производителя.

Современные контроллеры все чаще оснащаются интерфейсом Ethernet (или совместимой с ним разновидностью Industrial Ethernet, лучше удовлетворяющей требованиям эксплуатации на промышленном производстве). В состав встроенного программного обеспечения включаются HTTP-серверы, а также серверы и клиенты FTP. Если HTTP используется в основном для диагностики контроллера с помощью Web-браузера, то FTP может применяться для передачи блоков данных в контроллер или с него. Поэтому именно FTP иногда рассматривается как возможная альтернатива OPC. По мнению авторов, применение FTP выглядит оправданным в том случае, если обмен большими объемами данных происходит относительно редко. Использование FTP для постоянного обмена данными с высокой скоростью (для чего следует применять либо OPC DA, либо драйвер) сопряжено с необходимостью передавать значительные объемы служебной информации, что затрудняет быстрый обмен.

Нельзя забывать, что SCADA и другие компьютерные приложения, работающие в составе АСУТП, должны получать данные не только с

ПЛК, но и с самых разных дополнительных устройств: принтер-аппликаторов, сканеров штрих-кодов, считывателей RFID, устройств контроля качества, различных лабораторных устройств и т. д. Обычно такие устройства оснащаются коммуникационными портами стандартов RS-232 или Ethernet. В отличие от производителей ПЛК их производители еще не пришли к использованию единой технологии обмена информации типа OPC. Поэтому при интеграции устройств в систему управления каждый раз приходится решать новые задачи. Некоторые устройства, например сканеры штрих-кодов, передают все необходимые данные в виде последовательности ASCII-символов, поэтому получение таких данных не представляет особого труда. Другие устройства, например различные сканеры дефектов, функционируют совместно со специальным ПО. Информацию о работе устройства такое ПО обычно заносит в специальную базу данных. Впоследствии информация считывается с базы данных или экспортируется в текстовый или xml-файл обмена и уже с него считывается. В любом случае для получения доступа к информации о работе устройства необходимо или создание скриптов различной сложности в SCADA, или разработка специальных программ-коннекторов, считывающих информацию из базы данных или файла обмена и передающих эту информацию в SCADA.

Для хранения данных в SCADA используются два класса СУБД — обычные реляционные СУБД (PCСУБД) и СУБД реального времени (СУБД РВ). Задача СУБД реального времени состоит в обеспечении возможности интенсивной записи данных о ходе технологического процесса, хранения этих данных в течение некоторого промежутка времени и дальнейшей передачи в PCСУБД. Необходимость их использования обусловлена тем, что распространенные PCСУБД не позволяют записывать данные настолько часто, как это требуется в системах управления реального времени. В составе многих SCADA имеется собственная реализация СУБД РВ, которая используется в качестве буфера. Существуют также СУБД реального времени, выпускаемые независимыми разработчиками (например Berkley DB, принадлежащая в настоящее время Oracle), но в SCADA они используются редко.

Большой интерес представляют СУБД РВ, входящие в специализированные системы сбора, хранения и анализа данных о ходе технологического процесса — Historian компании Wonderware (ранее известный как Industrial SQL Server), Plant Data Archive, входящий в состав Simatic IT Historian (Siemens) и аналогичные продукты других разработчиков. Подобные системы выступают не только в роли промежуточного звена, выполняющего сбор, первоначальную обработку и передачу данных в PCСУБД, но и хранят данные в течение достаточно длительного времени. Фактически, как и в PCСУБД,

максимальный интервал хранения определяется только аппаратными характеристиками сервера баз данных. Для долговременного хранения данных о ходе технологического процесса также используются широко распространенные СУБД, такие как Microsoft SQL Server, Sybase SQL Anywhere, Postgres, Paradox, dBase [10].

Интеграция с MES-уровнем

Определенные особенности имеет и задача интеграции приложений управления производственными процессами [11]. С поступлением данных в SCADA доступ к ним для чтения и изменения значительно упрощается, но появляется новый барьер. Компьютерные информационные системы, работающие на разных уровнях управления, в своей работе используют различную терминологию, оперируют интервалами времени разной длины и, наконец, имеют различные цели. Если технологический процесс представляется примерно одинаково и в программе ПЛК, и в SCADA, то MES-система использует упрощенную модель процесса, а ERP — более упрощенную. Если период обработки данных в SCADA должен быть сопоставим со скоростью протекания технологического процесса (от нескольких секунд до нескольких минут), то MES-системы обрабатывают данные за время рабочего цикла или смены, а ERP-системы оперируют данными за месяц или полугодие.

Это приводит к необходимости "перевода" информации, пересекающей границу уровня управления, в формат, поддерживаемый системой, с которой производится обмен. Более предпочтительно использование стандартных форматов передачи информации, поддерживаемых всеми системами. Применение такого формата означает, что системы, участвующие в обмене, принимают некоторую модель производства, которая, может отличаться от их собственных моделей. Предложено несколько таких моделей, но лучше всего разработана модель, описанная в серии стандартов ISA-95 [12, 13].

Говоря об ISA-95 следует упомянуть о его предшественнике — стандарте ISA-88. В ISA-88 определена иерархическая модель производственного оборудования, которую предлагается использовать при описании периодических (batch) технологических процессов. ISA-88 был принят и производителями программного обеспечения систем управления, и пользователями-технологами. Поэтому, когда в конце 90-х годов появилась проблема обеспечения взаимодействия между корпоративными системами и системами производственного уровня (в первую очередь MES), организация ISA решила использовать опыт создания ISA-88 для разработки нового стандарта. Этим стандартом и стал ISA-95 [14].

В ISA-95 определено четыре уровня управления производственным предприятием. На *пер-*

вом уровне располагаются локальные системы управления (регуляторы, частотные преобразователи и т. д.) и интеллектуальные датчики, на *втором* — распределенные системы управления, системы управления периодическими процессами, а также SCADA. К *третьему уровню* относятся MES, лабораторные информационные системы (LIMS), системы складского хранения (WMS) и т.д. На *четвертом уровне* расположены корпоративные информационные системы, в первую очередь ERP. Упомянется также *уровень 0*, к которому относится технологическое оборудование. Основное внимание в стандарте уделяется уровню три и взаимодействию между уровнями три и четыре.

С точки зрения ISA-95 на уровне три решаются следующие задачи: планирование производства, управление производством, учет материалов и энергозатрат, обеспечение качества, управление запасами, управление техническим обслуживанием. На уровне четыре решаются задачи обработки заказов, расчета стоимости продукции, управления поставками и управления отгрузкой. Решение этих задач требует обмена информацией четырех классов: информация об определении (какие ресурсы необходимы для решения задачи), информация о возможностях (какие ресурсы доступны), информация о производственных планах (что и когда нужно сделать), информация о производительности (что и как было сделано). При этом под задачей может пониматься как производство продукции, так и техническое обслуживание, управление запасами и обеспечение качества. Следовательно, уровни три и четыре могут обмениваться информационными сообщениями 16 видов (четыре класса информации, четыре возможные задачи для каждого класса).

Важной частью информационного обмена является обмен информацией о ресурсах. В ISA-95 также определяется иерархическая модель производственного предприятия. В отличие от модели ISA-88 эта модель не охватывает единицы оборудования, а описывает производственное предприятие начиная с самого верхнего уровня (т. н. уровень компании) и заканчивая производственными линиями в целом. Данная модель оборудования используется в дальнейшем при задании соответствующих информационных сообщений, например такого: "Для производства доступна линия № 2 цеха 35 Саратовского производственного объединения".

Изначально ISA-95 разрабатывался для решения задач вертикальной интеграции, его концепции используются и при обмене данными между MES и другими системами уровня три. Так, в соответствии с рекомендациями MESA International, задачу планирования в настоящее время стремятся решить не средствами MES, а с помощью специальных систем — APS (Advanced Planning System). Для взаимодействия MES и APS вполне возможно использовать информационные сообщения, определенные в ISA-95.

Следует отметить, что стандарт ISA-95 (как и ISA-88) не содержит спецификаций форматов обмена информацией, он лишь описывает концепции, которые можно использовать при создании таких форматов. Примером реализации концепций ISA-95 служит язык B2MML — набор XML-схем, предназначенный для взаимодействия любых систем третьего и четвертого уровней. ISA-95 — не единственный подход к интеграции систем на уровне MES, могут использоваться и другие стандарты: ISA-88 (BatchML), OAGiS, MIMOSA, STEP. Подробно эти стандарты (и некоторые другие) описаны в работе [13], а их место относительно иерархии ISA-95 показано на рис. 2.

другом: прямое обращение к базе данных SCADA имеет смысл только в том случае, когда известна используемая ею схема данных. Если на уровнях MES и ERP еще встречаются примеры использования стандартных схем данных (например, PODS или APDM в нефтегазовой отрасли), то производители SCADA подобные схемы практически не используют и кроме того редко сопровождают свою продукцию описанием схемы данных. Поэтому разработчикам, выполняющим интеграцию, приходится делать такое описание самим. В результате имеется большая вероятность получить решение, накрепко привязанное к текущим версиям SCADA и MES, так как любые изменения схемы данных, вы-

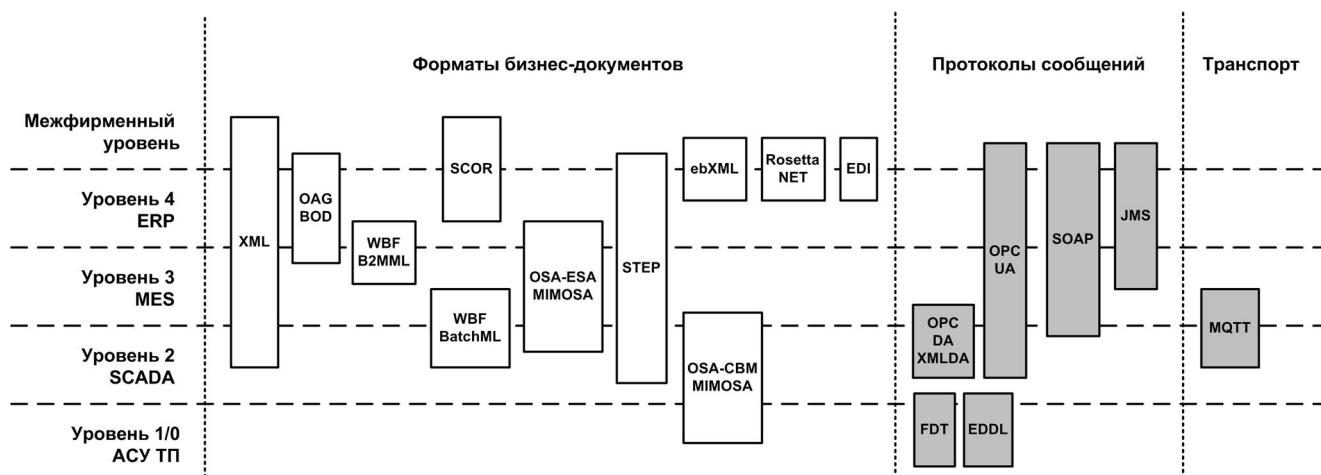


Рис. 2. Связь стандартов интеграции с уровнями ISA-95

К сожалению, стандарты обмена информацией разработаны не в России и опубликованы на английском языке, что сдерживает их применение в нашей стране. В последнее время в различных русскоязычных изданиях появляются материалы о стандартах интеграции, делаются доклады на отечественных конференциях. Российская рабочая группа MESA International (www.mesarussia.ru) ведет работу по переводу на русский язык стандарта ISA-95.

Рассмотрим другие способы обмена информацией между MES и другими системами. Основной потребитель данных, хранящихся в SCADA, — MES-системы. Практически все SCADA имеют встроенный OPC-сервер, поэтому популярными технологиями обмена данными между SCADA и MES. К ним относятся: обмен данными через XML-, csv-файлы и другие структурированные текстовые файлы, передача данных через COM-интерфейсы SCADA, а также прямые запросы к базам данных, в которых SCADA хранит информацию.

Прямое обращение к базе данных технически реализуется просто. В настоящее время все широко используемые СУБД поддерживают стандартные технологии доступа к данным: ODBC, JDBC, ADO. Основная проблема заключается в

полненные производителем, сделают его неработоспособным. Нельзя забывать и о том, что в SCADA или MES могут быть реализованы механизмы поддержания целостности данных, поэтому при прямом обращении целостность может быть нарушена.

Таким образом, прямая работа с БД систем должна использоваться только тогда, когда применение других способов обмена невозможно. При выборе подобного подхода не стоит забывать и о том, что прямая связь на уровне БД не гарантирует качества и целостности данных.

Заключение

В статье рассмотрены основные технологии и подходы к интеграции, позволяющие эффективно решать задачи организации обмена данными с системами управления технологическим процессом. На сегодняшний день — этап "лоскутной автоматизации" на большинстве крупных российских предприятий завершен. Старые производственные линии, которые допускали автоматизацию, автоматизированы, остальные оснащены системами сбора и хранения данных о ходе технологического процесса. Новые линии оснащаются системами управления уже при ус-

тановке. Главная проблема в отечественной практике промышленной автоматизации связана с поисками ответа на вопрос: "Что делать со всеми системами, созданными разными компаниями с использованием разной техники и программного обеспечения"? Поэтому задачи выбора технологий, позволяющих связать несколько систем управления с минимальной их переделкой, особенно актуальны в нашей стране.

К сожалению, в процессе профессиональной деятельности авторам не раз приходилось сталкиваться с попытками изобретения "велосипеда" как российскими, так иностранными разработчиками и системными интеграторами. Общее мнение авторов состоит в том, что нет необходимости проходить весь тот путь, который был пройден крупными западными компаниями и организациями наподобие OPC Foundation при разработке стандартов и технологий интеграции систем управления. Использование результатов их работы позволяет сосредоточиться на решении производственных задач.

Литература

1. Integration Technologies for Industrial Automated Systems. CRC, 2006. — 600 p.
2. Merz H. Building Automation: Communication systems with EIB/KNX, LON und BACnet. Springer, 2009.
3. Ицкович Э. Л. Методы рациональной автоматизации производства. — М.: Инфра-Инженерия, 2009. — 256 с.
4. Денисенко В. В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. — М.: Горячая Линия-Телеком, 2009.
5. Федоров Ю. Н. Справочник инженера по АСУТП. Проектирование и разработка. — М.: Инфра-Инженерия, 2008.
6. The Industrial Communication Technology Handbook. CRC Press, 2005. — 936 p.
7. Boyer S. SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition, NY, 2004.
8. PROFINET System Description (April 2009). PROFIBUS Nutzerorganization e.V., 2009. — 52 p.
9. Mahnke W., Leither S., Damm M. OPC Unified Architecture. Springer, 2009. — 339 p.
10. The Industrial Information Technology Handbook. CRC Press, 2005. — 1936 p.
11. Halevi G. Handbook of Production Management Methods. Butterworth Heinemann, 2001.
12. ISA-95: The Enterprise-Plant Link to Achieve Adaptive Manufacturing, White Paper 16, MESA International, 2005.
13. Решетников И. С. и др. Стандарты интеграции многоуровневых информационных систем//Автоматизация в промышленности. 2009. № 9. С. 23—27.
14. <http://www.isa-95.com/subpages/technology/isa-95.php>

MODERN METHODS OF DATA EXCHANGE IN CONTROL SYSTEMS

A. P. Kozletsov
AMaster, Ltd, Moscow, Russia

I. S. Reshetnikov
MESA International, Moscow, Russia

Modern production companies face many challenges. One of these challenges is how to organise collaboration between different control systems. Translation of the data message is the main problem in this collaboration. There exist many international standards and standard technologies that can help to solve this problem. The article is dedicated to description of these standards. Special attention is given to specific aspects of application of standards in production companies.

Keywords: control systems, integrations standards, MES, ISA-95, industrial information networks, SCADA.

Козлецов Алексей Павлович, ведущий программист.

E-mail: a.kozletsov@amaster.su

Решетников Игорь Станиславович, аналитик.

E-mail: i.reshetnikov@mesarussia.ru

