

А.В. ЛИПОВЕЦ (Компания “Фиорд”)

## ISaGRAF 5++ ACE Target – новая целевая система высокой производительности

*Рассматривается новая исполнительная система ISaGRAF 5++ ACE Target, представляющая собой полный комплекс решений для высокоскоростной обработки, управления и доставки данных на верхний уровень систем АСУ.*

*The paper presents ISaGRAF 5++ ACE Target: a full-scale solution for high-speed data processing, management and delivery to the upper level of industrial automation systems*

Оригинальная целевая система ISaGRAF пятой версии от компании ICS Triplex обладает рядом качеств, которые выгодно отличают ее и, собственно, всю технологию ISaGRAF от подобных продуктов, имеющих на рынке. Однако специалисты нашей компании задались вопросом, возможно ли дополнительно увеличить производительность системы, а также внести в нее дополнения, востребованные нашими клиентами. В результате, появилась новая целевая система, сохранившая все возможности оригинала, и при этом обладающая рядом характеристик, существенно ее выделяющих. В первую очередь это касается производительности. За счет переработки исходного кода оригинальной системы для использования компилятора языка C++, устранения различных “паразитных” задержек и использования библиотеки ACE для реализации системного уровня и абстрагирования от особенностей работы с различными операционными системами стало возможным получить время исполнения задачи в рамках одного цикла в режиме “Реальное время” от 5 мкс! Кроме этого, ISaGRAF 5++ ACE Target обеспечивает повышенную стабильность цикла с заданным временем исполнения.

*Несколько слов о библиотеке ACE (Adaptive Communication Environment).*

*Она появилась в ходе исследовательской деятельности и научных разработок д-ра Дугласа С. Шмидта в Калифорнийском университете в Ирвине, направленных на проектирование шаблонов, представление и анализ объектно-ориентированных технологий, способствующих развитию высокопроизводительных, распределенных вычислительных систем реального времени. Результатом работы стала библиотека ACE – мощный инструмент, предназначенный для создания сложных многоплатформенных коммуникационных приложений.*

*ACE свободно используется для любых приложений, в том числе коммерческих, без каких-либо лицензионных соглашений. ACE широко применяется во всем мире, а также является одной из самых переносимых C++ библиотек, она поддерживает десятки платформ и продолжает развиваться.*

Поскольку все системно-зависимые функции были заменены соответствующими вызовами функций библиотеки ACE, исходные тексты целевой системы являются едиными для разных операционных систем. К настоящему времени выполнено портирование и тестирование нового таргета на следующих ОС: Linux, QNX 4.25, QNX 6.3, Windows XP, Windows CE, FreeBSD, OpenSolaris.

ACE предоставляет возможности, которые могут быть использованы для создания эффективных пользовательских драйверов устройств ввода/вывода, встроженных функций и функциональных блоков. Также оказывается простым перенос с платформы на платформу драйверов протоколов, использующих стандартные коммуникационные устройства (RS-232, Ethernet, USB), поскольку это не требует изменения исходных текстов драйверов – достаточно простой рекомпиляции.

ISaGRAF 5++ ACE Target является инвариантным к платформе – все конечные исполнительные системы имеют одинаковые возможности и единое описание в среде ISaGRAF Workbench, т.е. перенос существующего проекта на конфигурацию с другой ОС не требует его рекомпиляции.

В состав исполнительной системы входит библиотека функций быстрой обработки данных, позволяющих значительно ускорить обработку массивов вещественных чисел и матриц. Данные функции исполняются в целевой системе со скоростью исполняемого машинного кода и позволяют реализовывать в приложениях ISaGRAF высокопроизводительные алгоритмы обработки массивов данных, необходимые, например, при работе с аудио- и видеопотоками, импульсными формами, регистрируемыми АЦП.

Семейство функций Fast\_array предназначено для быстрого выполнения математических операций с массивами вещественных чисел и включает в себя следующие функции:

- обнуление всех элементов массива;
- заполнение массива заданным значением;
- заполнение массива линейно изменяющимися значениями;
- вычисление суммы массивов;
- вычисление суммы элементов одного массива;
- поэлементное умножение двух массивов;
- скалярное умножение массивов (свертка);
- умножение всех элементов массива на заданное число (масштабирование);
- нахождение минимального элемента в массиве;
- нахождение максимального элемента в массиве;
- копирование содержимого массива в другой массив.

При использовании данных функций операции с массивами вещественных чисел выполняются на порядок быстрее, чем при выполнении аналогичных операций в программе на языке ST.

Семейство функций *Fast\_matrix* предназначено для быстрого выполнения математических операций с матрицами и предоставляет следующие возможности:

- обнуление всех элементов матрицы;
- заполнение матрицы заданным значением;
- вычисление суммы матриц;
- умножение всех элементов матрицы на заданное число;
- копирование содержимого одной матрицы в другую;
- вычисление произведения матрицы на вектор;
- решение системы линейных уравнений  $A_{ij} \times X_i = B_j$ .

При использовании данных функций операции с матрицами выполняются по результатам тестов в 60 раз быстрее, чем при выполнении аналогичных операций в программе на языке ST!

Все операции с массивами и матрицами производятся, используя специальные объекты-указатели, представляющие собой структуры определенного вида. Данные объекты-указатели предварительно создаются в словаре переменных *Workbench* и инициализируются с помощью специальных функций создания массивов и матриц соответственно. Функции создания (инициализации) для каждого желаемого массива или матрицы должны быть вызваны один раз в начале работы, это можно сделать в программе на языке ST, используя переменную типа *BOOL* в качестве флага, сбрасываемого после выполнения требуемых действий.

В дальнейшем на основе вышеуказанных функций планируется создать функции обработки сигналов, такие как цифровые фильтры, БПФ и другие.

Одной из наиболее интересных составных частей исполнительной системы *ISaGRAF 5++ ACE Target* является система *FDA – Fast Data Access*, предназначенная для доступа к данным реального времени исполнительной системы *ISaGRAF 5++ ACE Target* по запросам от *OPC-сервера FDA-OPC*. Под данными реального времени здесь понимаются текущие данные *ISaGRAF* на момент получения запроса на их выдачу.

Система *FDA* состоит из двух частей.

1. *Исполнительная подсистема ISaGRAF Fast Data Access (ISaFDA)* построена на основе технологии *ISaGRAF* и выполняет функции отслеживания и сохранения значений изменившихся переменных для их чтения и записи по запросам *OPC-сервера*. Подсистема реализована в виде виртуального устройства *ISaGRAF* и включает также сервис обработки запросов на выдачу данных и установку новых значений переменных *ISaGRAF*.

2. *Серверная подсистема FDA-OPC* – *OPC-сервер* системы быстрого доступа к данным *ISaGRAF*. *FDA-OPC* предназначен для извлечения данных *ISaGRAF* из контроллера, предоставления доступа к ним по *OPC-запросам*, а также для установки новых значений переменных *ISaGRAF*.

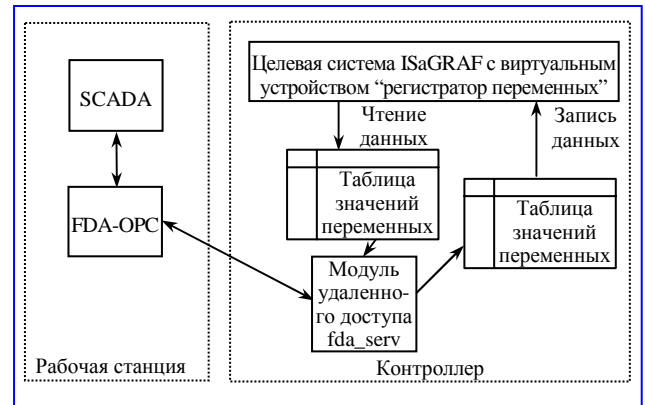


Рис. 1. Схема работы системы доступа к данным

*FDA-OPC* выполняется на платформе *Windows* и соответствует спецификации *OPC DA 3.x*. Настройки *OPC-сервера* позволяют одновременно работать с несколькими контроллерами. На работу с конкретным контроллером *OPC-сервер* настраивается автоматически при указании пути к скомпилированному проекту *ISaGRAF*, загруженному на целевой контроллер.

На рис. 1 представлена общая схема работы системы *FDA*.

По запросу чтения с рабочей станции модуль *fda\_serv* производит чтение данных из таблицы значений переменных *ISaGRAF*, формирует ответ и отправляет его обратно на рабочую станцию. Подобным же образом новые значения переменных *ISaGRAF* записываются в контроллер.

Для детальной настройки подсистемы *ISaFDA* целевая система содержит встроенный набор специальных функций, при помощи которых во время построения проекта определяется список переменных, доступных для чтения.

Предлагаются следующие возможности конфигурирования:

- регистрация отдельной переменной *ISaGRAF*;
- регистрация всех пользовательских переменных указанного типа;
- регистрация по имени переменной;
- регистрация массива целиком либо его части;
- регистрация структур;
- регистрация всех полей сложных структур данных;
- задание порога чувствительности;
- разрешение (запрет) регистрации в каждой функции.

Описанные функции также должны быть использованы только один раз перед началом работы. На рис. 2 представлен пример программы на языке ST.

Отличительной особенностью системы *FDA* является то, что регистрируются только изменившиеся значения переменных, а значит, по сети не передается лишняя информация, что позволяет существенно ускорить обмен данными.

Значение каждой переменной в таблице сопровождается информацией о ее типе и так называемом

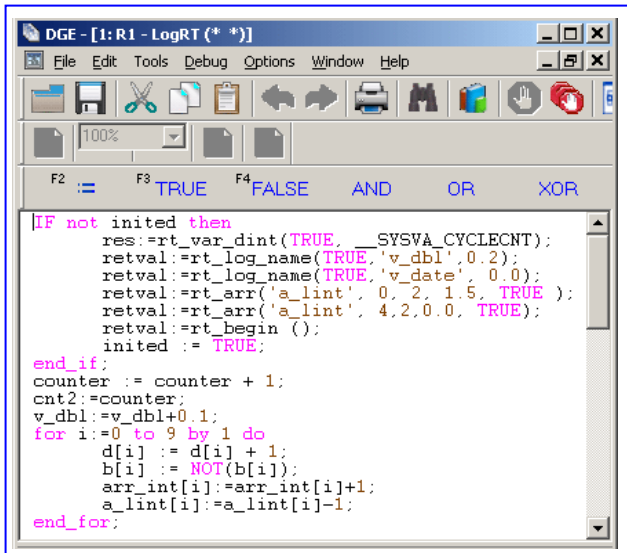


Рис. 2. Пример программы на языке ST

виртуальном адресе. На основании этой информации из символьной таблицы, находящейся в каталоге с проектом Workbench, переменной может быть снова сопоставлено ее имя, что, собственно, и выполняет FDA-OPC.

Представленная на рис. 1 схема описывает работу с одним ресурсом ISaGRAF, при наличии нескольких ресурсов для каждого из них строятся свои таблицы переменных, а утилита fda\_serv обращается к нужной таблице в соответствии с номером ресурса, указанным в запросе от OPC-сервера либо другого клиентского приложения.

Передача данных осуществляется по запросам FDA-OPC (либо другого приложения) и представляет собой обмен данными по схеме “запрос-ответ”, поэтому в качестве протокола передачи данных выбран протокол UDP. Выбор протокола UDP сделан также и по той причине, что для решения описанной задачи мощные механизмы обеспечения надежности протокола TCP не являются обязательными, к тому же простота реализации протокола UDP позволила сократить время разработки.

Поскольку сам протокол UDP не обеспечивает надежность передачи данных, указанный недостаток компенсируется использованием дополнительных механизмов повышения надежности, встроенных в приложения, реализующие обмен данными. Помимо статических таймаутов и повторного запроса данных в случае возникновения ошибок, эти механизмы используют порядковые номера пакетов для гарантии того, что полученный ответ соответствует посланному запросу.

Целостность пересылаемых данных обеспечивается за счет поля “длина” UDP-дейтаграмм, а также за счет использования встроенного подсчета контрольной суммы UDP. При поступлении запроса на выдачу данных делается попытка чтения очередной порции данных из таблицы переменных. Объем порции дан-

ных может меняться в зависимости от наличия данных в таблице в момент попытки чтения. Максимальный объем данных, выдаваемых за один запрос, определяется настройками утилиты обработки запросов, в параметрах которой определяется максимально возможный размер исходящего буфера UDP. Таким образом, каждый ответ представляет собой один пакет UDP, что исключает необходимость разбивать и вновь собирать пакеты при передаче большого количества данных.

Протокол позволяет работать с данными каждого ресурса исполнительной системы ISaGRAF, функционирующей на контроллере, если для него включен режим регистрации данных.

Поскольку протокол UDP не требует установления и разрыва соединения, это позволило значительно повысить скорость передачи данных по сравнению с TCP и существенно упростить подключение архивных серверов.

Описание протокола передачи данных поставляется вместе с руководством по системе FDA, что позволяет разрабатывать собственные клиентские приложения, осуществляющие обмен данными с исполнительной системой ISaGRAF 5++ ACE Target.

В состав исполнительной системы ISaGRAF 5++ ACE Target планируется также включить распределенную систему ведения архивов исторических данных ISaArch, построенную по принципу, схожему с архитектурой FDA, и находящуюся в настоящее время на этапе тестирования.

## Заключение

Новая исполнительная система ISaGRAF 5++ ACE Target предоставляет полный комплекс решений для высокоскоростной обработки, управления и доставки данных на верхний уровень систем АСУ, обладающий следующими характеристиками:

- производительность от 5 мкс;
- режим повышенной стабильности с приоритетами реального времени;
- инвариантность к платформе;
- единые исходные тексты для различных ОС;
- высокая скорость передачи данных – до 500 тыс. переменных ISaGRAF в секунду (данные приведены для системы FDA).

### Примечание:

На сайте [www.isagraf.ru](http://www.isagraf.ru) доступны ознакомительные версии исполнительной системы ISaGRAF 5++ ACE Target для различных операционных систем, а также документация и демо-версия OPC-сервера FDA-OPC.

*Александр Владимирович Липовец – руководитель группы системных разработок компании “Фиорд”.*  
 Телефон (812) 323-62-12.  
 E-mail: [lipovets@fiord.com](mailto:lipovets@fiord.com)  
<http://www.fiord.com>