

Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2012. - № 3, т. 8.

ПРОБЛЕМЫ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ УСТРОЙСТВ СБОРА И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СОСТАВЕ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Перванюк Алексей Степанович – технический директор,
ООО «Системы компьютерных измерений»,
alexey@pervanyuk.ru, a.pervanyuk@systemki.ru

Шишкин Владимир Алексеевич – старший преподаватель,
Иосифов Павел Андреевич - канд. техн. наук, доцент
кафедра «Испытания летательных аппаратов» ФГБОУ ВПО «МАТИ» - Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского
mobiller@mail.ru

Рассмотрены проблемы, возникающие при включении устройств сбора и передачи данных (УСПД) разных производителей в состав контрольно-измерительной системы (КИС). Предложено использование специального программного обеспечения (СПО), позволяющего выполнять конфигурирование, управление, сбор данных и синхронизацию работы различных УСПД. Обосновано применение универсального программного интерфейса для взаимодействия СПО со штатными программными средствами УСПД, а также описан механизм обеспечения соответствия версий между отдельными программными компонентами КИС.

Ключевые слова: контрольно-измерительная система, устройство сбора и передачи данных, программное обеспечение, интерфейс, драйвер, программный компонент, модуль.

Построение современной контрольно-измерительной системы (КИС) является сложной задачей, для решения которой требуется целый комплекс программных и технических средств. Распространена ситуация, когда такая система строится на основе оборудования, в состав которого входят устройства разных производителей, в том числе устройства сбора и передачи данных (УСПД). Количество разнородных УСПД, используемых в рамках одной системы, может быть весьма большим. Это в первую очередь связано со значительным объёмом различных требований к параметрам сбора измеряемых данных, таким как частота сбора, тип и диапазон измеряемого сигнала. А во вторую – со стремлением снизить себестоимость создаваемой КИС за счёт использования уже имеющегося в наличии оборудования. Всё это приводит к значительному расширению модельного ряда УСПД в составе КИС.

Обеспечение совместного использования в рамках единой КИС множества УСПД является проблемой. Физическое подключение таких устройств может быть осуществлено без особых сложностей благодаря использованию ограниченного круга стандартизированных аппаратных интерфейсов в составе УСПД (к таким интерфейсам, в частности, относятся PCI, RS-232, RS-485, USB, GPIB (IEEE-488), 1-wire, CAN, HART, VXI и др.). Однако конфигурирование и управление УСПД, выполняемые программным путем, на сегодняшний момент не регламентируется никакими правилами или стандартами.

Каждый производитель таких устройств предоставляет свой собственный программный интерфейс для конкретных моделей, или даже отдельных модификаций УСПД. Этот интерфейс реализован в составе штатного программного обеспечения (ШПО), предоставляемого производителями УСПД по умолчанию совместно с устройством.

Компонентная архитектура ШПО включает в себя следующие основные составляющие (рис. 1):

1) «прошивка» (firmware) устройства – представляет собой системное программное обеспечение, встроенное («зашитое») в аппаратное устройство, и хранящееся в его энергонезависимой памяти;

2) драйвер - специальная программа, позволяющая операционной системе компьютера обмениваться данными с этим устройством;

3) динамически загружаемые интерфейсные библиотеки - программные модули, предоставляющие программные функции и объекты для обеспечения работы с драйвером;

4) прикладное ПО, включающее графический пользовательский интерфейс, и предоставляющее оператору возможность выполнять конфигурирование или выдачу команд управления устройством.

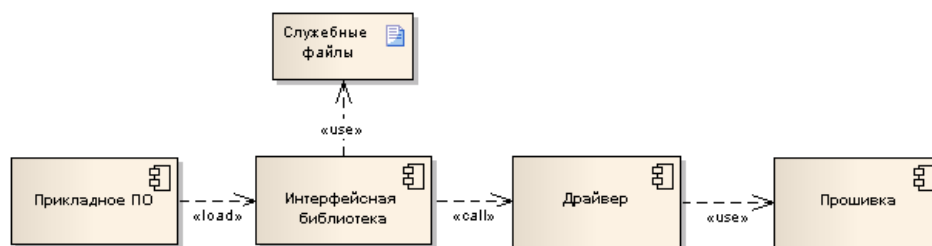


Рисунок 1. Компоненты ШПО

В КИС, содержащую УСПД различных моделей и производителей, входит ШПО каждого из них. Причиной этого является отсутствие поддержки штатными программными средствами, предназначенными для работы с конкретной моделью устройства, аналогичных устройств других производителей, а иногда и устройств другой модели от того же производителя. Пользователю приходится использовать различные программные средства для каждого устройства и работать одновременно с множеством программных интерфейсов и инструментов, специфичных для каждого из устройств. При этом если конфигурирование различных устройств выполнять «всего лишь» неудобно, то организация, например, синхронного запуска или останова сбора данных является при таком подходе попросту невозможной.

Другой трудностью, возникающей при объединении в рамках одной КИС различных УСПД со своими штатными программными средствами, является организация эффективной обработки полученных данных - как апостериорной (послесекансной), так и в реальном времени (РВ) непосредственно при проведении измерений. Для ряда устройств их производители предоставляют только элементарные средства обработки данных, а в некоторых случаях ШПО не содержит таких средств совсем. При этом пользователь вынужден прибегать к поиску стороннего программного обеспечения (ПО) или заказывать разработку такого ПО «под ключ». В любом случае, это ведет к незапланированным на этапе спецификации системы [1] тратам денежных средств, а также к потере времени на дополнительную подготовку и обучение операторов. Помимо этого, даже с учетом возможности предоставления производителем УСПД базовых средств обработки данных, полученных с конкретного устройства, возникает проблема комплексной обработки всех данных (с различных устройств КИС), полученных во время проведения измерений. Комплексная обработка подразумевает совместное применение заданных пользователем математических функций ко всему массиву данных, совместное отображение результатов обработки и формирование необходимой отчетной документации. Однако для каждого УСПД данные хранятся в своем собственном формате, определяемом конкретным разработчиком «под себя». Для совместной послесекансной обработки в этом случае необходимо подбирать или заказывать у разработчика дополнительное ПО для перевода данных в некоторый общий формат.

Таким образом, в отсутствие единой программной среды для работы с УСПД решение задач комплексной обработки данных в послесекансе является трудно

достижимым, а в случае необходимости такой обработки в РВ может отсутствовать совсем.

Соответственно, при построении КИС ставится задача создания такого программного инструмента, который позволил бы не только обеспечить совместное использование разнородных УСПД, но и предоставил бы единый пользовательский интерфейс для выполнения их конфигурирования, управления и обработки полученных данных, т.е. включения в состав КИС специального программного обеспечения (СПО) для сбора и обработки данных.

Разработка такого СПО направлена на поддержание как можно большей номенклатуры представленных на рынке устройств с широким диапазоном технических характеристик как зарубежных, так и отечественных производителей. Это необходимо для эффективного построения КИС, имеющих различный профиль и удовлетворяющих значительно варьирующимся требованиям, определяемым набором измеряемых величин и параметров производимых измерений.

Требованиями при выборе СПО КИС являются поддержка работы со всеми используемыми в системе УСПД и обеспечение необходимой функциональности по обработке данных. Однако в процессе работы с КИС может возникнуть потребность в расширении измерительной системы новыми УСПД или увеличении ее функциональности по обработке данных. В таких случаях разработчики модифицируют СПО, добавляя в него поддержку УСПД новых моделей и интегрируют в систему новые математические модули обработки данных. Это ведет к увеличению общего функционала системы и определяет необходимость обновления как отдельных программных компонентов СПО, так и всего комплекса в целом. Со стороны конечного пользователя (оператора) решающим фактором при модернизации системы является возможность быстро и без значительных затрат интегрировать новые УСПД и новый функционал в существующий измерительный комплекс, что не всегда достижимо

Теперь рассмотрим непосредственно процесс поддержки УСПД в СПО, основанный на частичном использовании программных компонентов, предоставленных производителями устройств в составе ШПО. Внесение изменений в ряд этих компонентов («прошивка», драйвер, библиотеки), а тем более переписывание их «с нуля» для каждого устройства, которое должно поддерживаться СПО, является крайне неэффективным. Это обусловлено высокой сложностью ведения разработки на низком уровне, при котором должна выполняться работа напрямую с регистрами устройств или на уровне ядра операционной системы. Наиболее подходящим компонентом в архитектуре ШПО, на котором может быть выполнена интеграция с СПО, является прикладное ПО. Этот компонент не обязателен для использования совместно с СПО и может быть заменен на собственный модуль производителя СПО с реализацией механизма сопряжения (рис. 2), что обеспечивается опубликованной в открытом доступе документацией по работе с УСПД на программном уровне при помощи библиотек из состава ШПО.

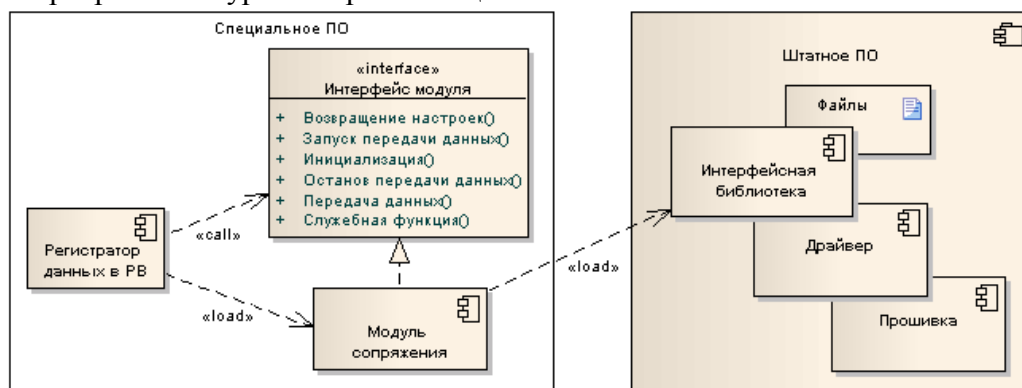


Рисунок 2. Организация взаимодействия между СПО и ШПО посредством модуля сопряжения

Однако у такого подхода к интеграции есть недостаток, заключающийся в том, что у СПО и у программных компонентов ШПО, играющих роль посредников между СПО и УСПД, разные разработчики. Поэтому штатные программные компоненты обновляются независимо от СПО, причём вносимые в них изменения могут нарушить их совместимость с данным СПО. В случае же если используемые в КИС программные компоненты несовместимы, КИС будет работать некорректно или не работать вовсе, несмотря на то, что используемые в ней модели УСПД поддерживаются выбранным СПО.

Причиной обновления программных компонентов ШПО является исправление обнаруженных ошибок и добавление новой функциональности. Если при этом изменятся программные интерфейсы, работоспособность связки «СПО – библиотеки – драйвер – прошивка» нарушится. Совместимость интерфейсов библиотек, библиотек с драйвером и драйвера с прошивкой обеспечивает их общий производитель, поэтому далее имеет смысл говорить только об изменениях интерфейсов библиотек, с которыми взаимодействует СПО.

Типовой является ситуация, когда для устранения ошибок в библиотеках достаточно внести изменения только во внутреннюю реализацию их функций, а интерфейсы библиотек, остаются прежними. В этом случае проблем с использованием измененных библиотек не возникает. Однако работоспособность может нарушиться, если при внесении изменений, необходимых для исправления одних ошибок, в код ПО будут внесены новые ошибки.

Реализация в библиотеках новой функциональности в большинстве случаев требует изменения их программного интерфейса. Если набор и сигнатура существующих методов интерфейса не изменялись, а их перечень был расширен, то это позволяет обеспечить обратную совместимость на уровне библиотек СПО. Однако в противоположном случае работа СПО с библиотеками новой версии невозможна. Для обеспечения корректного функционирования необходимо изменить соответствующим образом и интерфейс СПО по работе с библиотеками (штатными программными компонентами УСПД). После изменения интерфейса работать с библиотеками старых версий СПО уже не сможет.

С другой стороны, в программный код компонентов СПО также на регулярной основе вносятся изменения с целью увеличения их функциональности. При этом интерфейс взаимодействия с компонентами ШПО остается прежним, но порядок работы с ними может существенным образом измениться. В этом случае также нельзя гарантировать корректную совместную работу библиотек СПО и ШПО.

Таким образом, при эксплуатации КИС могут наблюдаться следующие причины рассогласования версий библиотек СПО и ШПО:

- 1) Версия библиотек СПО может оказаться старше в случае:
 - приобретение СПО для работы с имеющимися УСПД;
 - обновление СПО для получения нового функционала;
 - дегрейд ШПО (если в текущей версии обнаружена и описана ошибка, а в последующих версиях она не исправлена и приводит к возникновению отказов программы).
- 2) Версия библиотек ШПО может оказаться старше в случае:
 - приобретения УСПД после приобретения СПО;
 - выхода из строя УСПД и последующей его замены на новое;
 - обновление программных компонентов ШПО для расширения функционала системы;
 - дегрейд СПО, в случае если в текущей версии обнаружена ошибка, а в предыдущих она не наблюдается.

Для организации корректного функционирования УСПД под управлением СПО необходимо обеспечить совместимость версий их библиотек.

Проблема с эксплуатацией УСПД в составе КИС, возникающая из-за несовместимости версий драйвера устройства и СПО, находится в зоне ответственности конечного пользователя. Но эффективное решение задачи по минимизации требуемых от него действий по её устранению может и должно быть выполнено разработчиком СПО, для чего разработчик должен:

- отслеживать выход новых драйверов и оперативно добавлять в СПО их поддержку.

- определять версии имеющихся у пользователя драйверов УСПД и соответствующим образом динамически конфигурировать состав СПО.

Рассмотрим решение этих проблем: использование для множества разнообразных УСД единого программного интерфейса по их конфигурированию и управлению с учетом вопросов обеспечения совместимости программной части УСД, поставляемой его производителем, с СПО.

Программная поддержка взаимодействия СПО с множеством УСПД, используемых в рамках одной КИС, требует применения специальных архитектурных и алгоритмических подходов при его разработке. При этом ключевым вопросом при построении архитектуры СПО с учетом его инвариантности относительно использования УСПД является обеспечение максимальной степени гибкости и эффективного способа разбиения на отдельные программные модули. В части взаимодействия (процессы сбора, конфигурирования и управления устройством) с различными УСПД в отдельные модули - модули сопряжения - следует выделить программный код, специфичный для конкретных моделей устройств.

В общем случае, для обеспечения работы СПО с разными версиями программных компонентов ШПО поддерживаемых устройств для каждой из версий требуется создать отдельный модуль сопряжения. На практике количество различных модулей сопряжения будет значительно меньше, поскольку через один и тот же модуль сопряжения можно работать с несколькими версиями библиотек ШПО, если их интерфейсы идентичны. Кроме этого в тех случаях, когда разные модели УСПД могут работать под управлением общего ШПО (например, используя библиотеку LComp от компании «Л Кард» можно работать со многими устройствами этого производителя), для поддержки этих устройств удобно разработать один общий модуль сопряжения.

Фактически, каждый модуль сопряжения представляет собой динамически подключаемую библиотеку, которая загружается в адресное пространство СПО, но может быть статически или динамически связана с программными средствами ШПО, поставляемыми разработчиком УСПД. Разработка такой библиотеки может производиться независимо от СПО. Реализация библиотечных функций каждого модуля сопряжения включает в себя вызовы отдельных функций библиотек, входящих в ШПО соответствующего аппаратного устройства.

В целях повышения надежности программного кода СПО (путем минимизации вносимых в ядро СПО изменений), а также для обеспечения универсального способа взаимодействия с различными устройствами, программный интерфейс модулей сопряжения должен быть строго определен и оставаться неизменным при создании новых модулей. Методы такого интерфейса должны соответствовать типовым операциям или группам операций, которые нужно выполнить при работе с произвольным УСПД.

Интерфейс, соответствующий данным требованиям, универсален, поскольку позволяет обеспечить взаимодействие с разнородными УСПД и является инвариантным по отношению ко множеству программных методов, предоставляемых для работы с УСПД в ШПО.

Анализ функционального состава программных операций, требуемых для управления и конфигурирования УСПД различных типов при помощи соответствующего ШПО, показал целесообразность определения универсального программного интерфейса в следующем виде:

- Служебная функция,
- Инициализация,
- Возвращение настроек,
- Запуск передачи данных,
- Передача данных,
- Останов передачи данных.

Метод «Служебная функция» предназначен для получения информации о модуле сопряжения и выполнения различных служебных операций. С вызова этого метода начинается и завершается работа с модулем сопряжения.

В методе «Инициализация» выполняется подключение динамических библиотек из состава ШПО, обнаружение и запуск устройства, проведение самотестирования (если оно предусмотрено), и задание устройству параметров сбора данных. В этом же методе выполняются вспомогательные операции для организации сбора данных (например, создание в модуле сопряжения промежуточного буфера для временного хранения данных).

Метод «Возвращение настроек» необходим для согласования установленных значений настроек УСПД и тех, которые были заданы пользователем при инициализации. Установленное значение нужно передать в СПО, чтобы сообщить об этом пользователю. Например, заданное пользователем значение частоты дискретизации УСПД может не поддерживать, но поддерживать близкое к нему. Заранее определить точные значения частоты дискретизации, которые поддерживает УСПД довольно сложно особенно в тех случаях, когда оно содержит несколько зависящих друг от друга АЦП.

Метод «Запуск передачи данных» обеспечивает запуск сбора данных и/или выдачу управляющего сигнала. Здесь же запускается цикл сбора данных - неинтерфейсная функция, которая сообщает СПО, когда получена или передана очередная порция данных.

Когда эти сообщения приходят СПО, вызывается метод «Передача данных». Он служит для передачи в СПО данных, собранных УСПД и хранящихся в промежуточном буфере в модуле сопряжения, или записи в этот буфер данных, на основе которых устройство должно сформировать управляющий сигнал.

Методом «Останов передачи данных» прекращается сбор данных и выдача управляющего сигнала.

Все операции, которые должны быть выполнены для обеспечения полнофункциональной работы с любым УСПД можно распределить по вышеперечисленным методам, т.е. предложенный программный интерфейс можно считать универсальным.

Данный интерфейс апробирован в подсистеме сбора данных программного комплекса «АCTest» (ООО «Лаборатория автоматизированных систем (АС)») - гибкой перенастраиваемой многофункциональной контрольно-измерительной системы для автоматизации работ на исследовательских и испытательных установках, оснащенных контрольно-проверочной аппаратурой[2]. Комплекс ориентирован на пользователя, который может настроить его для своих задач, не прибегая к услугам программистов.

В компонентной архитектуре комплекса «АCTest» выделены: 1) модуль сбора и регистрации в РВ, включающий программы первичной обработки; 2) набор модулей сопряжения с УСПД конкретного типа. Совместное использование данных модулей позволяет организовать инвариантное по отношению к устройствам различных производителей функционирование измерительных систем.

Эффективность подхода к построению КИС, обеспечиваемого использованием универсального интерфейса, подтверждена результатами создания группы лабораторных стендов на кафедре «Испытания летательных аппаратов» (ФБГОУ ВПО «МАТИ» - Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского): стенд контроля качества электроэнергии, стенд-имитатор ГТД, стенд исследований винтомоторной группы. В качестве программной части КИС стендов использовался

комплекс «АСTest» и штатные программные средства, в качестве аппаратной части, в соответствии с конструктивно-технологическими требованиями, применялись УСПД различных моделей ряда производителей.

Работа с данными лабораторными стендами входит в состав учебного процесса дисциплин кафедры «Испытания летательных аппаратов» и включает в себя весь спектр операций по получению данных и выдачи управляющих сигналов. При этом использование универсального программного интерфейса в составе СПО стендов позволяет обеспечить единый подход к организации взаимодействия с разнородными УСПД и выполнению обработки результатов измерений, полученных из различных источников.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. В системах, содержащих УСПД различных моделей одного или нескольких производителей и проводящих сложную обработку собранных данных, целесообразно использование специального программного обеспечения на основе модулей сопряжения-программных библиотек, реализующих универсальный интерфейс взаимодействия с устройствами.

2. Методы универсального интерфейса соответствуют типовым операциям или группам операций, которые требуется выполнять при работе с УСПД произвольного типа. Использование универсального интерфейса позволяет решить ряд проблем (в т.ч.: разнородность поддерживаемых способов настройки и управления УСПД; невозможность совместной обработки данных, полученных с различных УСПД и ШПО; рассогласование версий СПО и ШПО; высокая трудоемкость интеграции нового, не применяемого ранее оборудования, в «живую» систему) и, соответственно, обеспечивает: синхронную работу с разнотипными устройствами, единообразную обработку всего массива собранных данных, гибкий подход к расширению модельного ряда используемого в КИС оборудования, независимость и высокую степень качества и надежности функционирования системы от изменения версий штатного ПО отдельных устройств.

3. Универсальный интерфейс сопряжения СПО и устройств сбора данных описан без привязки к специфическим особенностям какого-либо конкретного языка программирования и основан на применении базовых механизмов операционной системы (динамически подключаемых библиотеках), что позволяет создавать модули сопряжения с помощью различных средств и сред разработки.

Список литературы

1. Рудинский И.Д. Технология проектирования автоматизированных систем обработки информации и управления. Учебное пособие. М.: «Горячая линия-Телеком». 2011.