

ВИРТУАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ОТЛАДКИ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ АВИАЦИОННОГО ПРИМЕНЕНИЯ**К.В. Ларин, С.И. Елькин, В.В. Шишкин**

Важность задач комплексной отладки и оценки функциональности при проектировании сложных систем бортового оборудования, а также высокая стоимость развертывания и недостаточная гибкость традиционно используемых в этих целях полунатурных стендов, приводят к необходимости поиска возможностей альтернативной реализации их функциональности на основе использования современных технологий моделирования. Вариантом решения этой задачи может быть организация на базе сети ПК имитационной среды функционирования исполняемой модели целевой системы, в структуре которой:

1. Функциональность исполняемой модели целевой системы обеспечивается взаимодействием распределенных процессов, представляющих собой текущую реализацию штатного кода одной из прикладных задач проектируемой системы;

2. Функциональность сопрягаемых систем бортового оборудования и натурных образцов технологической аппаратуры стенда (не являющихся предметами проектирования – пульта управления, коммуникационные коробки) реализуется соответствующими программными моделями.

3. Технологической основой реализации такого решения является организация информационного взаимодействия распределенного ПО, обеспечиваемая архитектурой и коммуникационными возможностями *программной модели вычислителя* (ПМВ) [1]. Моделирование сопрягаемых бортовых систем на информационном уровне, обеспечивается функциональными возможностями *ПДК Фрегат* [2]. Однако, развертывание *виртуального стенда* как полномасштабного функционального аналога полунатурного предполагает включение в его состав дополнительных программных моделей (пультов управления, коммуникационных коробок, штатных блоков вычислительных устройств и индикаторов и пр.) различной степени реалистичности графического представления и полноты имитации поведения. Опыт работы с инструментами моделирования Esterel SCADE [3,4] показал возможность их эффективного применения для этой цели. Функциональность полученных частных моделей инкапсулирована в GUI приложении *системного монитора*.

Структура взаимодействия компонентов

Структура взаимодействия компонентов *виртуального стенда* иллюстрируется рис. 1. Элементы *прикладной задачи 1..n* представляют взаимодействующие на платформе *виртуального стенда* приложения – отладочные сборки штатного ПО аппаратных устройств целевой системы. Элементы *КФ1..m* – это конфигурационные файлы, инициализирующие модели штатных авиационных интерфейсов ПМВ и связывающие прикладные задачи на информационном уровне.

В ходе сеанса имитационного моделирования функциональность целевой системы реализуется взаимодействием *прикладных задач* на платформе *виртуального стенда* через сеть виртуальных каналов информационного обмена, имитирующих в модельном времени линии связи системы. Оперативный мониторинг текущего информационного трафика и интерактивное взаимодействие оператора с исполняемой моделью, в т.ч. имитация значимых для поведения системы событий (управляющих воздействий экипажа, возникновения отказов линий связи и аппаратных устройств), обеспечиваются средствами *системного монитора*.

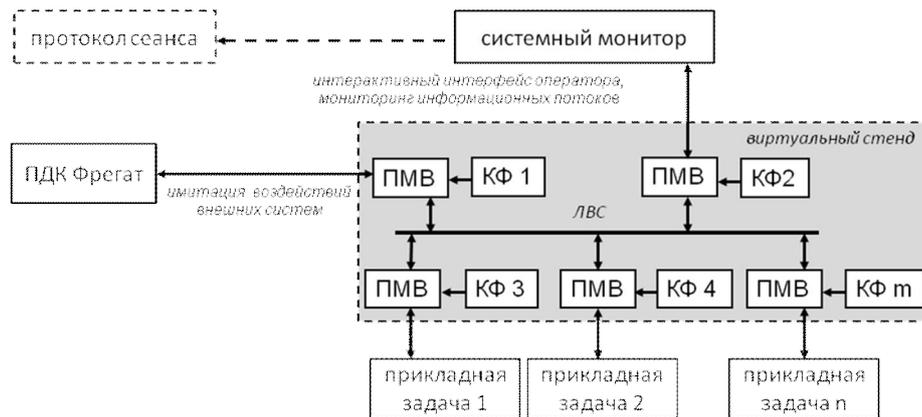


Рис. 1. Структура взаимодействия компонентов виртуального стенда

Имитация функциональности сопрягаемых систем бортового оборудования выполняется средствами *ПДК Фрегат*.

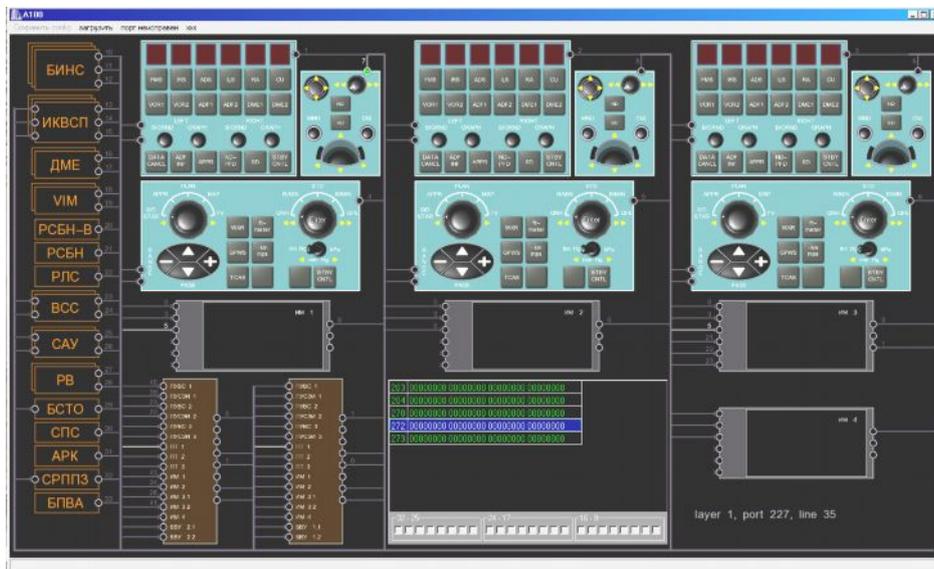


Рис. 2. Экранная форма системного монитора

Исполняемый модуль *системного монитора* подключается к *виртуальному стенду* как одна из *прикладных задач* и обеспечивает оператору экранное представление проектируемой системы в виде множества взаимодействующих интерактивных объектов (функциональность которых обеспечивается *прикладными задачами*), графически представленных в виде псевдореалистичных виджетов и/или мнемонических символов. Состав и структура связей этих объектов соответствуют составу и топологии шинной структуры целевой системы. В отличие от других *прикладных задач*, *системный монитор* имеет доступ ко всем виртуальным информационным каналам. Предоставляемые его интерфейсом возможности, в частности, включают:

контроль информационного обмена между взаимодействующими *прикладными задачами* посредством навигации указателем мыши по символам *портов* (с отображением в табличной форме текущего содержимого буфера соответствующей КЛС и выделением

цветом всех других КЛС, подключенных к выбранному порту в качестве источников или приемников информации);

имитацию управляющих воздействий экипажа с помощью интерактивного интерфейса экранных объектов, представляющих исполняемые модели пультов управления;

имитацию отказов отдельных линий связи и аппаратных устройств посредством установки/снятия флажка исправности с формированием разовой команды исправности.

Развертывание виртуального стенда целевой системы

Виртуальный стенд развертывается на основе набора программных моделей вычислителей, число которых определяется составом оборудования целевой системы. Процесс развертывания предусматривает:

конфигурирование ПМВ – формирование соответствующего набора инициализационных файлов, описывающих перечень взаимодействующих приложений, распределение их по аппаратным ресурсам стенда (посредством задания IP-адресов хостов), а также поставление приложениям виртуальных информационных каналов, отражающее топологию шинной структуры целевой системы;

построение загружаемого модуля *системного монитора*, обеспечивающего графическое представление и интерфейс взаимодействия оператора с объектами *виртуального стенда*.

Используемые в рамках процесса развертывания компоненты образуют *имитационную платформу* в составе:

необходимого числа копий ПМВ;

библиотеки исполняемых моделей типовых компонентов (аппаратных устройств), применяемых в выполняемых целевых проектах;

каркасного проекта *системного монитора*, включающего объекты из состава библиотеки и ряд параметризованных шаблонов, описывающих типовые проектные решения по организации взаимодействия этих объектов;

приложения *консоли администратора*, содержащей набор средств генерации для автоматизации ряда трудоемких, но хорошо формализуемых процедур формирования:

1. инициализационных файлов ПМВ (на рис.1. обозначены как *КФ1..m*);

2. программных структур на языке SCADЕ, используемых для настройки шаблонов каркасного проекта *системного монитора* в соответствии с составом и структурой связей целевой системы;

3. служебных модулей программного кода на языке С, включаемых в состав сборки загружаемого модуля *системного монитора* и обеспечивающих динамическую визуализацию элементов исполняемой модели и взаимодействие объектов исполняемой модели с ПМВ.

Взаимодействие компонентов *имитационной платформы* при развертывании *виртуального стенда* иллюстрируется рис.3. Цифры в кружках, которыми отмечены потоки данных, соответствуют нумерации этапов приводимой ниже методики развертывания.

Исходными при развертывании *виртуального стенда* для нового целевого проекта являются протоколы взаимодействия для целевой системы, шаблонные проекты SCADЕ Suite/Display каркаса *системного монитора* и библиотека исполняемых моделей аппаратных устройств.

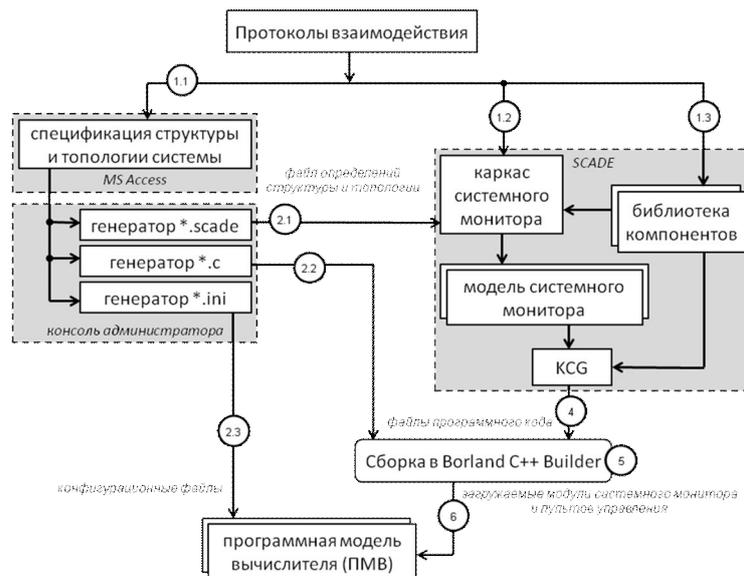


Рис. 3. Структура взаимодействия компонентов имитационной платформы при развертывании виртуального стенда

В ходе процесса развертывания:

1. На основании протоколов взаимодействия:
 - 1.1. разрабатываются спецификации (в формате MS Access) состава и топологии шинной структуры проектируемой системы;
 - 1.2. с использованием шаблонного проекта SCADE Display формируется экранное представление исполняемой модели *системного монитора*;
 - 1.3. при необходимости, выполняется доработка библиотеки моделей;
2. Средствами генерации *консоли администратора* на основе описания состава и топологии, а также спецификаций экранного представления порождаются:
 - 2.1. файл спецификаций на языке SCADE, подключаемый к каркасному проекту *системного монитора* для получения его исполняемой модели, соответствующей архитектуре целевой системы;
 - 2.2. модули С-кода, подключаемые к сборочному проекту *системного монитора* и обеспечивающие динамическую визуализацию исполняемой модели и взаимодействие с процедурами информационного обмена библиотеки, поддерживающей применение *ПМВ*;
 - 2.3. конфигурационные файлы *виртуального стенда*, обеспечивающие получение исполняемой модели целевой распределенной системы;
3. Выполняются завершающие операции настройки каркасного проекта *системного монитора*;
4. Средствами SCADE KCG на основе спецификаций настроенного каркасного проекта генерируются модули С-кода, обеспечивающие визуализацию и поведенческую функциональность *системного монитора*;
5. Полученные в ходе выполнения предшествующих шагов модули программного кода используются для сборки загружаемых модулей *системного монитора* и пультов управления;
6. Загружаемый модуль *системного монитора* подключается к *виртуальному стенду* как одна из *прикладных задач* (в текущей версии модули пультов управления входят в состав сборки *системного монитора*).

Приложение *консоли администратора* реализовано на языке C# в среде Microsoft VisualStudio 2008. При построении исполняемой модели *системного монитора* использованы

средства моделирования Esterel SCAD Suite/Display 6.3. Загружаемый модуль *системного монитора* реализован в формате оконного приложения в среде Borland C++Builder 5.0.

В числе расширений функциональности *виртуального стенда* планируется использование динамических иконок штатных графических форматов индикаторов, для визуализации в объектах *системного монитора* текущего режима работы и важнейших параметров состояния соответствующих исполняемых моделей; формирование протокола сеанса отладки, включая формирование циклограмм взаимодействия компонентов в модельном времени.

Развернутые на основе описанной *имитационной платформы* версии *виртуального стенда* используются при реализации ряда текущих, а также планируются для применения в перспективных проектах предприятия.

Выводы

Практика эксплуатации *виртуального стенда* подтвердила эффективность его применения как альтернативы традиционным полунатурным стендам. В числе основных преимуществ *виртуального стенда* можно выделить:

возможность развертывания и применения на ранних этапах целевого проекта;

гибкость и масштабируемость, инвариантность к структуре и полноте текущей реализации прикладных задач;

использование одних и тех же тестовых заданий ПДК *Фрегат* для *виртуального* и полунатурного стендов;

возможность применения для отладки прикладных задач штатных отладчиков среды разработки.

Применение *виртуального стенда* оказывает влияние на модель жизненного цикла целевой системы. Оставаясь в своей основе *каскадной* (наиболее адекватной для обеспечения формирования доказательной базы сертификации), эта модель приобретает черты, характерные для *спиральной* модели:

каждая проектная итерация завершается получением прототипа целевой системы на платформе *виртуального стенда*;

возможно включение заказчика в процесс оценки реализованной функциональности посредством передачи ему прототипа с копией *виртуального стенда*.

Литература

1. Долбня Н.А., Ларин К.В., Шишкин В.В. Методика создания виртуального стенда авиационной бортовой информационно-управляющей системы // Автоматизация процессов управления. – 2012. – № 3 (29). – Ульяновск: Научно-производственное объединение «Марс». – С. 36–41.
2. Шишкин В.В., Черкашин С.В. Автоматизированная система создания диагностического обеспечения комплексных систем электронной индикации и сигнализации летательных аппаратов // Датчики и системы. – 2007. – № 12 (103). – С. 39–42.
3. Critical Systems and Software Development Solutions. [Электронный ресурс].: <http://www.esterel-technologies.com>. Режим доступа – свободный.
4. Ларин К.В., Елькин С.И., Азов С.К., Шишкин В.В. Модельно-ориентированное проектирование информационно-управляющих систем летательных аппаратов. // Информатика и вычислительная техника: сб. науч. тр. 3-й российской науч.-техн. конф. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – С. 201–205.