

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

С. В. Рудометов (Новосибирск)

Введение

Компьютерное имитационное моделирование (ИМ) является мощным и широко распространенным методом исследования сложных систем, используемым практически во всех отраслях науки и техники. ИМ заключается в разработке имитационных моделей исследуемых систем и проведении имитационных экспериментов с этими моделями. Для автоматизации этих процессов существуют многочисленные системы и пакеты ИМ. Использование этих средств автоматизации требует от пользователя профессиональной подготовки в области ИМ.

В настоящее время возрастает потребность использования ИМ при проектировании, разработке, оптимизации технических систем и технологических процессов, информационных и управляющих систем в разных прикладных областях. Но отсутствие у потенциальных пользователей, являющихся специалистами в конкретных прикладных областях, профессиональной подготовки в области ИМ препятствует широкому использованию ИМ в этих областях.

Требования к системе имитационного моделирования технологических систем

Формальные требования к системе ИМ сформулируем применительно к **технологическим системам**.

Современная система имитационного моделирования технологических систем (СИМТС) должна удовлетворять следующим требованиям:

- ✓ иметь визуально-интерактивный интерфейс для создания и исполнения моделей;
- ✓ использовать графические средства для разработки и исполнения моделей;
- ✓ поддерживать быструю разработку моделей;
- ✓ быть ориентированной на специалистов предметных областей;
- ✓ иметь готовые к использованию библиотечные элементы для обеспечения быстрой сборки моделей;
- ✓ обеспечивать возможность разработки имитационных моделей пользователями, не являющимися специалистами в области ИМ;
- ✓ обеспечивать взаимодействие моделей с внешними системами;
- ✓ иметь возможность графической разработки модели в двумерном формате (2D) и визуализации исполнения модели как в формате 2D, так и в трехмерном формате (3D);
- ✓ представлять результаты моделирования в виде законченного анализа работы модели, не требующего дополнительной статистической и иной обработки.

Архитектура СИМТС

Понятие элементарной модели. Технологические системы (ТС) состоят из объектов технологического оборудования (ТО). Каждый объект технологического оборудования имеет свой тип (тип технологического оборудования). Функционирование ТС заключается во введении в систему продуктов производства, их обработки, и последующего выведения из ТС.

Элементарной моделью (ЭМ) назовем имитационную модель какого-либо типа технологического оборудования. **Экземпляр элементарной модели** представляет в

имитационной модели некоторый объект технологического оборудования в технологической системе.

Каждый объект технологического оборудования в ТС взаимодействует с некоторым множеством других объектов технологического оборудования в этой ТС. Это означает, что в СИМТС требуется создать аналог таких связей между экземплярами ЭМ. Эта связь может быть создана с использованием онтологии портов [7].

Важным свойством ЭМ является ее графическое представление. С помощью графического представления можно идентифицировать ЭМ в имитационной модели, а также отслеживать изменение состояния ЭМ в процессе работы имитационной модели.

Единицы технологического оборудования в исходной ТС могут иметь как встроенную логику своей работы, так и управляться с помощью некоторых управляющих программ. Поэтому в СИМТС требуется иметь возможность создавать модели этих управляющих программ. В силу своей специфики модели управляющих программ составляют отдельный, **управляющий уровень** в иерархии объектов СИМТС.

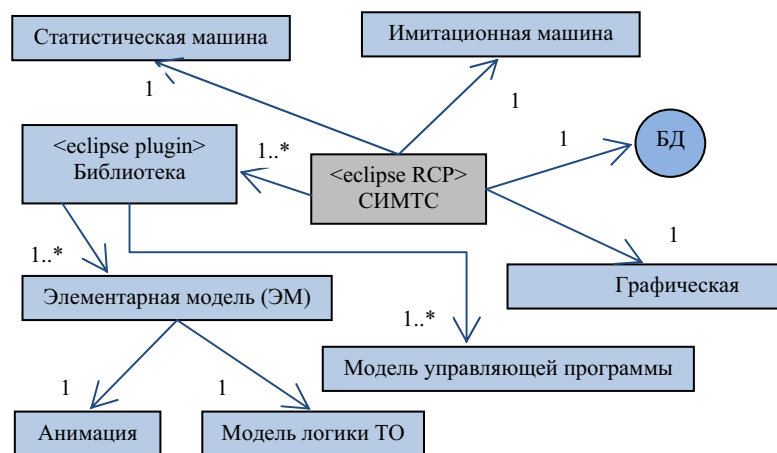


Рис. 1. Архитектура СИМТС

Основные компоненты архитектуры СИМТС (рис. 1):

1. Имитационная машина. Этот компонент предназначен в СИМТС для инкапсуляции аспектов ИМ. Могут использоваться различные подходы к созданию такой машины – классическое или распределенное ИМ и т.д. Все используемые инструменты и понятия ИМ должны быть реализованы именно в данном компоненте.

2. Графическая подсистема. Предназначена для графического представления имитационной модели. Используется как на этапе создания имитационной модели, так и на этапе ее исполнения.

3. Статистическая машина. Предназначена для сбора, анализа и представления статистических данных в процессе исполнения имитационной модели.

4. БД (база данных). Этот компонент является одним из способов обеспечения связи с внешними системами. В нем взаимодействие модели с внешними системами осуществляется путем обмена данными.

5. Библиотека. Является способом объединения нескольких элементарных моделей и моделей программ управления, относящихся к некоторой предметной области. Программный продукт СИМТС строится как совокупность нескольких библиотек элементарных моделей.

6. Элементарная модель и модель программы управления. Эти компоненты являются реализациями ЭМ и моделей управляющих программ ТС в СИМТС.

7. Анимация и модель логики ТО. Это основные части каждой ЭМ. Анимационная часть используется при визуальном создании имитационной модели и для отображения состояния ЭМ в процессе работы имитационной модели. Модель логики ТО является другой составляющей ЭМ и предназначена для моделирования поведения типа ТО, имитируемого данной ЭМ.

Система MTSS

Система MTSS (Manufacturing and Transportation Simulation System) ([1, 3]) реализована на основе изложенных выше требований и предложенной архитектуры. Для создания MTSS использована платформа Eclipse [5] и язык программирования Java [4].

Возможности системы MTSS заключаются в быстром создании имитационной модели специалистами в предметных областях, не знакомых с ИМ. Система MTSS определяет структуру элементарных моделей, следовать которой обязаны разработчики элементарных моделей. Система MTSS может подключаться к внешним системам с тем, чтобы имитационные модели имели возможность оперировать данными реальных систем или в свою очередь генерировать данные для реальных систем.

Важным элементом MTSS является реализация имитационной машины. Она выполнена как модификация системы Mera [2, 8]. Согласно архитектуре СИМТС, имитационная машина – это модуль, поэтому одна из возможностей среды MTSS как реализации архитектуры СИМТС – это возможность использования различных реализаций имитационной машины.

Интерфейс системы MTSS. Возможности быстрого построения имитационных моделей определяются интерфейсом пользователя системы (рис. 2).

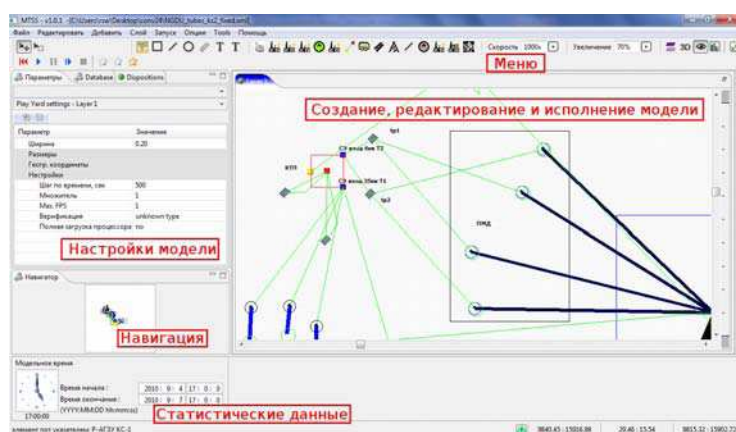


Рис. 2. Интерфейс пользователя системы MTSS

Возможности создания и использования имитационной модели

Имитационная модель собирается из готовых ЭМ путем их визуального соединения. Таким образом, процесс создания модели ускоряется и делается очевидным для пользователей, не знакомых с ИМ.

Порты в MTSS имеют графическое представление и физические координаты. Благодаря этому пользователь может визуально контролировать различные точки соединения ЭМ, визуально определяя корректность построения имитационной модели.

Порты в MTSS могут соединяться между собой путем визуального наложения друг на друга. При этом происходит коррекция местоположения экземпляров ЭМ, что приводит к более точному построению имитационных моделей.

При визуальном соединении портов информация о присоединенных портах сохраняется и может быть использована в работе имитационной модели для организации взаимодействия между различными экземплярами ЭМ.

Анимация в MTSS является асинхронной. Скорость заботы анимации регулируется параметром частоты смены кадров. Возможно полностью отключить анимацию в процессе имитационного прогона. Это позволяет имитационной модели не зависеть от скорости работы графической машины.

Скорость работы имитационной машины может регулироваться в широких пределах в процессе имитационного прогона. Скорость имитационных вычислений по желанию экспериментатора может быть установлена равной режиму реального времени, быть ускоренной или замедленной в произвольное количество раз по отношению к реальному времени.

Сбор статистики и ее представление происходят в течение имитационного прогона, и не требуют добавочных вычислений.

Контроль за исполнением имитационной модели проводится в основном визуально. Этому способствует наличие средств навигации по модели и управления скоростью и точностью имитационного эксперимента. Точность может регулироваться заданием шага имитационного эксперимента, скорости исполнения имитационной модели, использованием различных режимов исполнения имитационной модели (останов в произвольное время, переключение в пошаговый режим).

Специалист в предметной области не оперирует никакими инструментами и управляющими элементами, использующими термины ИМ (за исключением модельного времени).

Создание библиотек элементарных моделей. Система MTSS позволяет объединять ЭМ в библиотеки и собирать программные продукты ИМ как сочетание различных библиотек ЭМ. В каждую библиотеку, как правило, включаются ЭМ из какой-нибудь одной предметной области.

Элементарные модели создает специалист в имитационном моделировании. В своей работе он должен использовать стандартную схему создания имитационной модели [6]. Отличие состоит в том, что создается не имитационная модель всей технологической системы, а имитационная модель отдельного типа технологического оборудования.

Конкретный набор ЭМ в реализации зависит от имитируемой технологической системы и от задач ИМ.

Точная имитационная модель, которую будет строить пользователь, равно как и точный набор имитационных экспериментов, может быть не известна на этапе создания ЭМ, в силу специфики возможностей MTSS по созданию моделей неспециалистами в области ИМ. Поэтому создателям ЭМ приходится реализовывать заведомо более подробные алгоритмы в модели логики ЭМ. Это обстоятельство может серьезно осложнить создание ЭМ. Как правило, требуется детальное исследование исходных ТО, ТС и предметной области и очень детальная реализация различных аспектов модели, изначально не требуемых в постановке задачи. С другой стороны, такая детализация расширяет исходную задачу, позволяя специалистам в предметных областях использовать полученные ЭМ в более широком классе задач, чем в исходной постановке.

Команды и состояния ЭМ. В процессе разработки и эксплуатации MTSS был выработан подход к реализации логики ЭМ, позволяющий упростить и формализовать создание логической части ЭМ. Логическая часть ЭМ должна быть представлена в виде набора **состояний ЭМ**, переход между которыми задается **командами ЭМ**.

Состояние ЭМ – это набор действий, совершаемых ЭМ, абстракция, которая позволяет обозначить текущую активность ЭМ для того, чтобы в дальнейшем иметь возможность оперировать ею.

Команда ЭМ – это описание правил перехода из одного состояния ЭМ в другое. Команда содержит условие своего запуска, начальное состояние, и алгоритм перехода между некоторыми (или всеми) состояниями ЭМ.

Связь имитационной модели с внешними системами. В систему MTSS встроен интерфейс с системами баз данных с целью получения простого и универсального механизма связи с любыми внешними системами. Связь с внешними системами может использоваться для связи СИМТС с реальными программами управления, позволяя интегрировать СИМТС в реальные управляющие системы. И наоборот, модели управляющих программ могут передавать управляющие воздействия из СИМТС в реальные технологические системы, позволяя использовать модель как управляющую программу. И наконец, данные из реальной системы могут поступать в имитационную модель и отображаться с использованием графической части имитационной модели.

Заключение

В докладе сформулированы требования к современной системе имитационного моделирования технологических систем, рассмотрена ее архитектура и представлена система MTSS, созданная на основе этих требований и архитектуры.

Литература

1. **Окольнишников В. В., Рудометов С. В.** Использование среды имитационного моделирования TSS для решения задач управления технологическими процессами предприятий горнодобывающей промышленности // Труды ИВМ и МГ СО РАН. Сер. Информатика: Материалы Пятой азиатской международной школы-семинара "Проблемы оптимизации сложных систем". Новосибирск, 2009. Вып. 9. С. 253–257.
2. **Рудометов С. В.** Система распределенного имитационного моделирования для МВС-1000/М // Труды Международной научно-методической конференции "Классический университет в российском образовательном пространстве" (к 90-летию Пермского государственного университета). Пермь, 2006. С. 82–84.
3. **Рудометов С. В., Окольнишников В. В.** Возможности среды имитационного моделирования TSS // Труды ИВМ и МГ СО РАН. Сер. Информатика: Материалы Пятой азиатской международной школы семинара "Проблемы оптимизации сложных систем". Новосибирск, 2009. Т. 9. С. 111–116.
4. **Flanagan D.** Java In A Nutshell: O'Reilly, 2005.
5. **Gamma E., Beck K.** Contributing to Eclipse: Principles, patterns, and Plug-Ins: Addison-Wesley Professional, 2003.
6. **Law A. M.** Simulation Modeling and Analysis (Fourth Edition): McGraw-Hill Science/Engineering/Math, 2006. 846 p.
7. **Liang V.-C., Paredis C.J.J.** A port ontology for automated model composition // Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference. P. 613–622.
8. **Rudometov S. V., Okolnishnikov V. V.** Development of Distributed Simulation System // Proc of the Seventh International Conference "Parallel Computing Technologies (PaCT-2003)". Nizhni Novgorod, Russia, 2003. P. 524–527.