

УДК 76.01.85

А. В. Денисенко

Одесская национальная академия пищевых технологий
ул. Канатная, 112, 65039 Одесса, Украина
e-mail: Denisenko_1965@mail.ru

Информационная технология анимации сложных технических комплексов на основе дискретно-непрерывных сетей, Flash-технологии и инструментальных средств DCNET

Рассмотрен комбинированный подход для реализации информационной технологии анимации сложного технологического комплекса (СТК) с целью снижения временных и материальных затрат на разработку программной поддержки этого процесса. Для этого модель СТК использует прогрессивную методологию дискретно-непрерывных сетей, для ее эффективной реализации совместно и продуктивно использованы анимационные средства Flash-технологии и вычислительные средства DCNET для численных расчетов вектора состояния СТК.

Ключевые слова: дискретно-непрерывная сеть, сеть Петри, вектор пространства состояния, сложный технологический комплекс, AdobeFlash, DCNET.

Введение

Информационная технология анимации переживает бурный этап своего развития, в технических и научно-исследовательских приложениях она предоставляет уникальную возможность пользователю в реальном времени наблюдать и активно участвовать в процессе моделирования любого изучаемого объекта или системы. Эта возможность базируется на скрытой от исследователя мощной и уникальной математической, алгоритмической и программной поддержке, проблематика которой развивается в данной работе. В образовательной сфере технология визуализации процесса математического моделирования особенно ценна для успешного освоения учебного материала технических дисциплин и приобретения навыков практической работы со сложными технологическими объектами, комплексами и системами. На производстве она успешно используется при сборке и отладке сложного технологического оборудования, чтобы в динамике и в комплексе

оперативно отслеживать моделируемые технологические процессы. Примеры сфер приложения: нефтегазовая, химическая, перерабатывающая и аналогичные отрасли промышленности, где одновременно взаимодействуют механические, тепловые, химические, электрические, гидравлические и иные процессы.

Естественно, существенное значение при реализации анимационной информационной технологии имеет сложность моделируемого технологического процесса или комплекса. Эта сложность является следствием непрерывного научно-технического прогресса, приводящего к появлению новых, все более совершенных и, естественно, более сложных технологических процессов и комплексов, требующих углубленного и качественного анализа их функционирования и развитых методов управления. Например, современный СТК невозможно представить без элементов, осуществляющих операции обслуживания и управления функциями и технологиями. Элементы обслуживания, входящие в состав СТК, прямо влияют на него, принимая непосредственное участие в его функционировании.

Образованная таким образом техническая система состоит из разнородных компонент, в общем случае представленных в виде сложной композиции дискретных и непрерывных составляющих. СТК, как сложноорганизованную комбинацию разнородных элементов, блоков и подсистем, представляют в виде дискретно-непрерывной (ДН) или гибридной системы. В общем случае ДН-системы — это параллельные и распределенные динамические системы, состоящие из большого числа элементов различной природы. Из-за невозможности однородного представления СТК только дискретными, непрерывными, статическими или динамическими составляющими требуется выделение их в самостоятельный класс гибридных ДН-систем, поведение которых описывается бесконечной последовательностью сменяющих друг друга мгновенных дискретных и длительных непрерывных поведений [1, 4].

В работе проведен анализ современного состояния среды анимации СТК на основе прогрессивных инструментальных средств. В настоящее время для выполнения этих работ активно используются SCADA-системы¹, программные среды LabView и AdobeFlash (Flash). Среда LabView обычно используется для автоматизации научных исследований, а SCADA-системы — для создания рабочего места оператора АСУ ТП. Наиболее известной и используемая нами в данной работе является мультимедийная (ММ) платформа Flash для создания веб-приложений и ММ-презентаций, позволяющая работать с векторной, растровой и трехмерной графикой посредством специального графического редактора.

Анимационная Flash-технология использует объектно-ориентированный язык программирования ActionScript, основанный на встраиваемом, расширяемом и не имеющем средств ввода-вывода языке программирования ECMAScript, служащим основой построения других скриптовых языков.

В предлагаемом подходе и в интересующей предметной области языковая среда ActionScript 3.0 должна обеспечивать выполнение численного расчета вектора пространства состояния СТК на всем временном диапазоне от начала до конца процесса визуализации (фильма), а также формировать специфические эле-

¹SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), программный пакет для диспетчерского управления и сбора данных

менты функционирования внешней и внутренней среды (формирование пара, обледенение элементов, образование пузырьков в емкости), программные и графические компоненты (слои). Данный подход обеспечивает сокращение временных и материальных затрат, характерных для Flash-технологии, и осуществляется на всем временном диапазоне численного определения вектора пространства состояния СТК путем формирования математической модели и компьютерного моделирования комплекса. При этом расчет вектора состояния обеспечивается средой DCNET, а программные эффекты, относящиеся к области «МИР» (туман, дождь, нарост льда на оборудовании, огонь) реализуются средствами ActionScript 3.0. При этом этапы формирования программного и графического слоев не подлежат изменению.

В рассматриваемом примере объектом анимации является СТК, состоящий из оборудования непрерывной и дискретной природы, а именно, АСУ ТП производства полихлорвинил хлорида. Требования к разрабатываемой системе визуализации процесса моделирования — обеспечить анимацию функционирования оборудования, контрольно-измерительных приборов и средств автоматики, а также предоставить средства технологических, зрительных и звуковых эффектов, которые способствуют улучшению освоения учебного материала и приобретению навыков работы с данным оборудованием.

Цель работы — развить информационную технологию, которая позволяет уменьшить материальные и временные затраты при разработке и исследовании СТК и увеличить функциональные возможности среды анимации.

Обобщенная математическая модель СТК имеет вид:

$$X(t) = G ([X(t), X^d(t_k)], [U^c(t), U^d(t_k)], t),$$

где G — производящая функция, состоящая из двух частей — дискретной и непрерывной:

— $X(t) = (X^c(t), X^d(t_k))$ — вектор состояния СТО;

— $U(t) = (U^c(t), U^d(t_k))$ — вектор управляющего воздействия с соответствующими непрерывной и дискретной составляющими;

— X^c — вектор непрерывного состояния;

— X^d — вектор дискретного состояния.

Элементами непрерывного пространства состояния могут быть: $x_1^c(t)$ — температура, $x_2^c(t)$ — скорость, $x_3^c(t)$ — уровень жидкости и др.

Элементы дискретного пространства состояния могут иметь, к примеру, двухпозиционный (бинарный) тип $X_i^d(t_k) \in \{1, 0\}$, например, при $x_1^d(t_k) = 1$ оборудование включено, а при $x_1^d(t_k) = 0$ оборудование выключено, или многопозиционный.

Эта математическая модель доведена автором до работающего алгоритма и соответствующей программы языковыми средствами DCNET.

Для теоретико-множественного представления таких систем было предложено использовать формализм дискретно-непрерывных сетей на основе объедине-

ния сигнального графа, описывающего непрерывные процессы, и расширенной сети Петри, представляющей событийно-непрерывные процессы [2, 3]. При этом введены новые типы переходов как непрерывных, так и дискретных, помечены переходы непрерывными функциями (интегрирование, дифференцирование, запаздывание и др.). Тогда в процессе модельного исследования объекта и в соответствии с его технологическим функционированием происходит движение маркеров по дискретным позициям P_i^d и изменение меток по непрерывным позициям P_j^c благодаря предложенному гибриднему подходу в реализации информационной технологии анимации сложного СТК.

Часть предложенного интегрированного подхода — общепринятая, разработанная на основе Flash-технологии, представленная двумя блоками: математическое описание СТК и AdobeFlash. Программирование динамики сложных АСУ ТП с использованием Flash-средств является очень трудоемким и дорогостоящим делом, требующим привлечения высококвалифицированных специалистов — нужно быть профессионалом в языковой среде ActionScript 3.0., с помощью которой осуществляется вся расчетная часть моделирования СТК, и которая, по своей сложности, относится к классу таких языков как Си или Java [5]. В качестве ее дополнения с целью снижения временных и материальных затрат на этом этапе необходимо было найти программную среду и разработать соответствующую информационную технологию, которая позволила бы значительно разгрузить ActionScript 3.0. от расчета динамики объекта и его моделирования. Предварительно была рассмотрена возможность использования с этой целью математического пакета матричных вычислений Matlab, разработанного для моделирования и исследования непрерывных объектов, представленных в виде передаточных функций, либо систем дифференциальных уравнений, однако этих форм представления объекта моделирования оказалось недостаточно для моделирования сложных ДН-процессов.

После сравнительного анализа возможных исходов с достаточным обоснованием решено было представлять СТК формализмом дискретно-непрерывной сети (ДН-сетью), в которой используется расширенная сеть Петри, что согласуется со средой ActionScript 3.0, где используется язык, управляемый событиями. Учитывая то, что ДН-сеть тоже управляется событиями, оказалось целесообразным расчеты состояния объекта в ДН-пространстве состояний выполнять, используя программную среду DCNET, освободив от этой функции ActionScript 3.0.

Так сформировалась достаточно совершенная и пригодная для применений информационная технология, основанная на совместном использовании для моделирования ДН-сети программного комплекса DCNET, программы параметризации части Flash-технологии для целей визуализации [7, 8].

Программная среда DCNET функционирует как доступный для рядового пользователя графический редактор, обеспечивающий этапы набора, редактирования, моделирования и визуализации [6]. Содержимое окна графического редактора среды DCNET приведено на рис. 1, где СТК представлен как ДН-сеть в ДН-пространстве состояний, тем самым формируя вектор состояния $X(t) = (X^c(t), X^d(t_k))$.

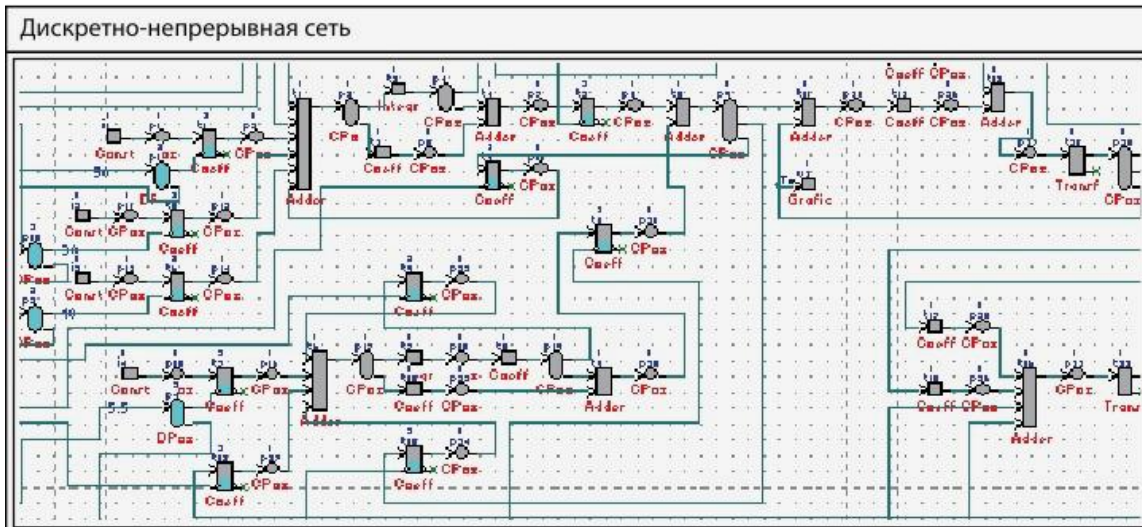


Рис. 1. Окно графического интерфейса пользователя DCNET

На рис. 2 представлены основные блоки, отражающие цикл подготовительных и обеспечивающих работ для организации процесса моделирования в среде DCNET:

- математическое описание СТК;
- DCNET: разработка модели СТК, моделирование СТК (расчет вектора состояния);
- XML: структуризация и параметризация вектора состояния;
- AdobeFlash: формирование мира (программного и графического слоев), анимация технологического процесса.

Перед этапом моделирования задаются начальные значения векторов $X^c(t)$, $X^d(t_k)$ и коэффициенты динамической модели. При моделировании на основе начальных исходных данных формируется вектор состояния $X(t) = (X^c(t), X^d(t_k))$, текущие значения которого обрабатываются вспомогательной программой структурирования и параметризации, написанной на языке XML.

Параметризованный вектор состояния $X^p(t, t_k) = (X^{pc}(t), X^{pd}(t_k))$ обрабатывается по Flash-технологии, формируется графический слой и обеспечивается конечная процедура визуализации без использования, как указывалось выше, средств ActionScript 3.0. Фрагмент анимации технологического процесса приведен на рис. 3.

Таким образом, предложенная в работе интегрированная информационная технология анимации СТК, основанная на фундаментальных положениях теории ДН-сетей с управляемой структурой средствами DCNET позволила реализовать численные расчеты вектора пространства состояния без использования ActionScript, что значительно снизило материальные и временные затраты на разработку программной поддержки процесса моделирования. Доступные функции ActionScript применяются лишь для анимации стандартных эффектов (дождь, туман, нарастание льда на элементах оборудования и др.). Благодаря совместному использованию средств DCNET и анимационной части Flash-технологии удалось дос-

тичь поставленной цели снижения затрат за счет эффективного использования достоинств среды DCNET и средств динамического отображения информации по Flash-технологии: DCNET моделирует необходимую динамическую компоненту систему, а Flash в темпе процесса моделирования отображает соответствующую информацию в процесс анимации функционирования СТК.

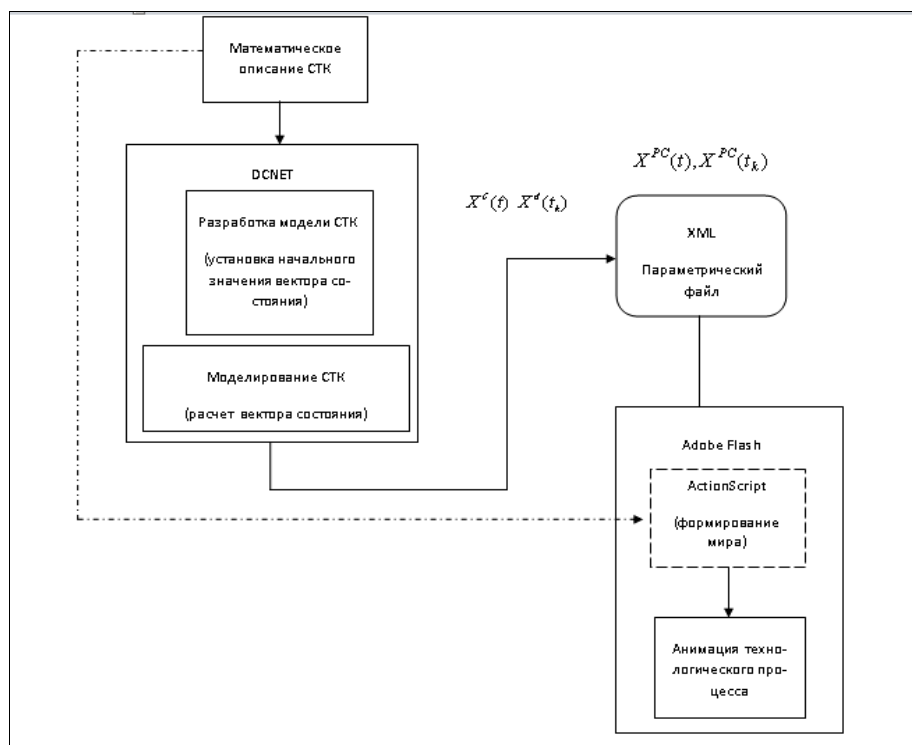


Рис. 2. Структурная схема моделирующего комплекса

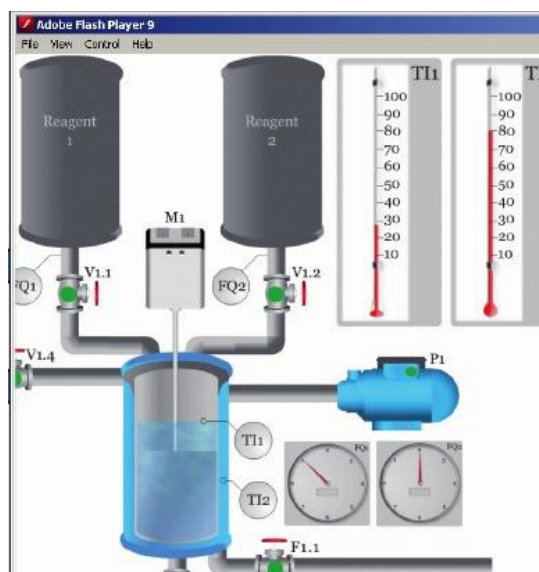


Рис. 3. Пример анимации технологического процесса

Следует отметить, что программное обеспечение DCNET позволяет моделировать сложные непрерывно-событийные объекты и процессы в ДН-пространстве состояний, обеспечивает отладку программного комплекса, используя анимацию ДН-сети. Кроме того, формируется поток непрерывных и дискретных сигналов, осуществляется визуализация движения маркеров по дискретным и непрерывным позициям, позволяя получить графики переходных процессов в элементах непрерывного состояния $X^c(t)$ и циклограммы элементов дискретного состояния $X^d(t_k)$. Все это обеспечивает проведение анализа переходных процессов при моделировании, поиск ошибок и осуществление коррекции модели, кроме того, появилась возможность использования пошагового режима проведения модельного эксперимента, что существенно облегчает отладку фильма анимации. Для сравнения: при использовании общепринятой информационной технологии процессы анализа, выявления ошибок и последующей коррекции значительно осложнены, так как приходится анализировать процесс анимации системы и осуществлять коррекцию программного и графических слоев путем повторного запуска фильмов.

Выводы

В результате использования предложенного подхода с исследовательскими функциями формируется демонстрационный фильм, при этом существует возможность изменять коэффициенты математической модели и средствами визуализации отслеживать реакцию модели на эти изменения, осуществлять корректировку алгоритма управления СТК и закона регулирования.

1. Глушков В.М. Программное обеспечение моделирования непрерывно-дискретных систем / В.М. Глушков. — М: Наука, 1975.
2. Петерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование / Дж. Петерсон; пер. с англ. — М.: Мир, 1984. — 264 с.
3. Лескин А.А. Сети Петри в моделировании и управлении / А.А. Лескин— Л.: Наука, 1989. — 139 с.
4. Денисенко В.А. Основные определения дискретно-непрерывных сетей / В.А. Денисенко // Труды ОПИ. — Одесса, 1997. — Вып. 2. — С. 9–13
5. Бангал Ш. ActionScript. Основы / Ш. Бангал; пер. с англ. — СПб: Символ-Плюс, 2002. — 480 с.
6. Денисенко В.А., Нестерук А.Г. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. Комп'ютерна програма «Дискретно-непрерывные сети (DCNET)». — 2010. — № 33728.
7. Гайтан О.М. Візуалізація результатів моделювання виробничих систем / О.М. Гайтан // Вісн. КрНУ ім. М. Остроградського. — 2013. — Вип. 5. — С. 78–82.
8. Нестерук А.Г. Анализ моделирования химического реактора как логико-динамической системы / А.Г. Нестерук, А.А. Гурский, А.В. Денисенко // Сб. «Электротехнические и компьютерные системы». — 2014, № 14 (90), — С. 124–130.

Поступила в редакцію 05.09.2014