

ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕННОГО ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Ю.И. Бродский

Предлагаемая инструментальная система во-первых, помогает построить синтез сложной многокомпонентной модели, что само по себе обычно является нетривиальной задачей, и, во-вторых, позволяет создать в Интернете пиринговую сеть моделирования, в которой с одной стороны, каждый участник сети может предоставлять во всеобщий доступ (опубликовать) разработанные им методы, а с другой стороны, может использовать в разрабатываемых им моделях подходящие методы, разработанные другими участниками и опубликованные ими в Интернете. При этом от публикуемых методов требуется лишь, чтобы они по своему текущему состоянию (набору внутренних характеристик), набору внешних характеристик (параметров) и интервалу времени моделирования, могли вычислять внутренние переменные в конце этого интервала. Как правило, так или иначе именно этим и занимается большинство компьютерных программ. Публикация метода, помимо описания его назначения и интерфейса на естественном языке, предполагает в дальнейшем возможность его удаленных вызовов. В основе инструментальной системы лежит описанная в [1] концепция анализа и синтеза сложных систем, ориентированная на параллельное выполнение методов, одновременно протекающих в модельном времени.

Основой сети распределенного моделирования является программное обеспечение пиринговой рабочей станции, оно состоит из клиентской и серверной частей. Клиентская часть ответственна за создание моделей. Она содержит средства, позволяющие по описаниям на специальном формальном непроцедурном языке ЯОКК [2], [3] (языке описания комплексов и компонент) методов, событий, компонент и комплексов строить информационную структуру модели, в первую очередь ее базу данных, а также средства поддержки выполнения модели и наблюдения за результатами моделирования. При этом, методы, обеспечивающие функциональность модели могут быть как локальными, так и удаленными. Серверная часть пирингового клиента предоставляет в первую очередь сервис удаленных вызовов опубликованных на этом хосте методов, а также сервис просмотра каталога и описаний этих методов.

Частью концепции инструментальной системы распределенного моделирования является жесткая дисциплина работы методов с фазовыми переменными модели: каждый метод имеет право изменять только «свои» переменные. В рамках этой концепции конфликт доступа, возникающий когда методы A и B вычисляют одну и ту же характеристику $X = X_A$ и $X = X_B$, может быть разрешен, например, введением метода C , который получая на входе в качестве параметров X_A и X_B , вычисляет на их основании искомую характеристику X , устраняя тем самым не только конфликт доступа к ней, но и очевидно имевшую место неоднозначность ее вычисления. Принятая дисциплина доступа к характеристикам позволяет вызывать параллельно те методы, которые в модельном времени выполняются одновременно.

Основой формализации модели является понятие **компоненты**. Компонента имеет внутренние и внешние характеристики. Деятельность компоненты осуществляют один или более параллельно протекающих **процессов**. Процесс состоит в чередовании конечного числа заранее известных **элементов** — элементарных с алгоритмической точки зрения методов. Чередование элементов определяется наступлением **событий**. Событие — метод, прогнозирующий интервал времени до наступления соответствующего системного события, заключающегося в смене элементов процесса. Если этот интервал равен нулю — считается что событие наступило, и происходит соответствующая ему смена элементов процесса. Все методы компоненты, т.е. элементы и события, могут либо быть написаны разработчиком модели на одном из допустимых языков программирования, либо же найдены в готовом виде в пиринговой сети моделирования — это те части модели, которые могут быть распределены в сети. Поскольку часть методов компоненты может быть выполнена сторонними разработчиками, после публикации в Интернете своих методов, не контролирующими процесс их включения в те или иные компоненты создаваемых в сети моделей, неестественно считать множества характеристик компоненты и множества получаемых и возвращаемых методом параметров, совпадающими. При этом вполне естественно считать множества входящих и выходящих параметров метода подмножествами множества характеристик компоненты. В связи с последним замечанием, при формальном описании компоненты, возникает необходимость описывать коммутацию характеристик компоненты с входящими и исходящими параметрами ее методов.

Компоненты могут объединяться в **комплекс**, при этом (необязательно) может оказаться, что некоторые компоненты явно моделируют внешние переменные некоторых других компонент. Здесь разрешается одной компоненте моделировать характеристики, являющиеся внешними переменными многих компонент, но не разрешается неоднозначность, когда одна чья-то внешняя переменная моделируется многими компонентами. Такая неоднозначность, впрочем, может быть легко преодолена, введением новой компоненты, получающей в

качестве внешних переменных значения упомянутой характеристики, вычисленные различными компонентами, и моделирующей в качестве своей внутренней переменной уже единственное «окончательное» значение этой характеристики. Таким образом, при формальном описании комплекса, кроме перечисления входящих в него компонент, возможно, придется указывать их коммутацию (т.е., какие внутренние переменные одних компонент моделируют какие внешние переменные других). Определенный таким образом комплекс, после описанной в [1] операции объединения его компонент с исключением из этого объединения явно моделируемых внешних переменных, сам становится компонентой, т.е., начинает удовлетворять формальному определению таковой. Этот факт позволяет строить модель как фрактальную конструкцию, сложность которой (и соответственно подробность моделирования) ограничивается лишь желанием разработчика.

В качестве примера реализации многокомпонентной модели в предлагаемой инструментальной системе распределенного моделирования, приведем модель "Пешеходы и муха". Много лет назад внимание автора к ней привлекли ракетчики, после чего она стала в некотором смысле «любимой», так как при крайней простоте, предъявляет достаточно серьезные требования к организации вычислительного процесса, например, приходится моделировать с переменным шагом модельного времени. В ее основе лежит задача, встречающаяся в курсе математики начальной школы. Два пешехода идут навстречу друг другу с постоянной скоростью. Между ними летает муха с постоянной по абсолютной величине скоростью, большей чем скорость любого из пешеходов. Как только муха долетает до одного из пешеходов, она тут же разворачивается и летит к другому. В школьной задаче обычно спрашивается, какое расстояние пролетит муха за время от начала движения до момента встречи пешеходов. Эта модель интересна еще и тем, что нерегулярна (см. [1]): момент встречи пешеходов является точкой накопления системных событий. Скорость мухи разрывна и, следовательно условию Липшица данная модель удовлетворять не может.

Модель представляет из себя комплекс, состоящий из двух экземпляров компоненты "пешеход" и одного экземпляра компоненты "муха". Компонента "пешеход" устроена совсем просто: она реализует единственный процесс, состоящий из единственного элемента "движение". "Движение" — распределенный элемент [1], по текущим значениям внутренней переменной X — координаты пешехода и внешней переменной V — его скорости, а также по величине текущего шага модельного времени DT , этот метод вычисляет значение внутренней переменной X в конце шага модельного времени по формуле

$$X(t + DT) = X(t) + V * DT.$$

Других методов, а следовательно переходов и связанных с ними событий единственный процесс компоненты "пешеход" не имеет.

Компонента "муха" устроена сложнее. Она также участвует в единственном процессе, но этот процесс состоит из двух элементов:

- "Движение" - тот же самый алгоритм, что и у пешехода, и поэтому может быть реализован тем же самым методом.
- "Разворот" - у компоненты "муха" скорость является внутренней переменной, а не параметром, как у "пешехода". "Разворот" - мгновенный элемент [1], он не занимает модельного времени, а действие его состоит в том, что скорость мухи меняет знак: из V становится $-V$.

Элемент "разворот" всегда переходит в элемент "движение". Элемент "движение" переходит в элемент "разворот" по наступлению события "долет до пешехода". Таким образом, с компонентой "муха" связано событие "долет до пешехода". Алгоритм его вычисления - наиболее сложный в данной модели. На входе он получает координаты и скорости всех компонент модели, на выходе же дает время до ближайшей встречи с пешеходом. Для этого сперва определяется, к какому из пешеходов летит муха (знаки скоростей у мухи и пешехода должны быть различны), затем расстояние между ними делится на сумму абсолютных величин скоростей. Если расстояние нулевое — муха уже долетела, и, соответственно, событие уже наступило.

Предметом распределения вычислений в этой модели являются методы и событие. Каждый из них может находиться на отдельном компьютере в сети, при наличии соответствующего сервиса, обеспечиваемого рабочей станцией распределенного моделирования. Модель спроектирована так, что все методы и события одного шага моделирования вызываются асинхронно. Более подробно с этой моделью и всем проектом можно познакомиться по адресу: <http://simul.ccas.ru/Distr>.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 10-07-00176-а.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ю.И Бродский Теоретические вопросы синтеза сложных распределенных имитационных моделей //Материалы Международной суперкомпьютерной конференции "Научный сервис в сети ИНТЕРНЕТ", Новороссийск, 20-24 сентября 2010 г.
2. Ю.И Бродский Описание, компоновка и работа модели в инструментальной системе распределенного моделирования //Моделирование, декомпозиция и оптимизация сложных динамических процессов, М.: ВЦ РАН, 2008, С. 24-46.

3. Ю.И Бродский, Ю.Н. Павловский Разработка инструментальной системы распределенного имитационного моделирования //Информационные технологии и вычислительные системы, №4, 2009, С. 3-15.