

УДК 658.512.011.56, 681.3.06

Ф.С. Горбачев (5 курс, каф. ИУС), Ф.А. Малашенко (5 курс, каф. ИУС),  
Т.Э. Мохнаткин (асп., каф. ИУС), В.П. Котляров, к.т.н., проф.

## ПОРТАБЕЛЬНЫЙ РАСПРЕДЕЛЕННЫЙ СИМУЛЯТОР

В настоящее время широко применяются системы имитационного моделирования. Их назначение состоит в том, чтобы проводить исследование свойств и характеристик разрабатываемых систем не на самих системах, а на их моделях. Модели могут быть различных типов: математическими, структурными, поведенческими - в зависимости от того, какие свойства системы интересуют разработчиков. Модели позволяют проверять работоспособность уже имеющихся или только разрабатываемых систем в различных ситуациях и в различном окружении. В области разработки микроэлектронных устройств особое внимание уделяется структурным и поведенческим моделям, позволяющим проводить одновременную проверку работы модели устройства, а также программного обеспечения, разработанного для него (co-simulation). В типовой состав системы имитационного моделирования входят симулятор, проводящий сам процесс моделирования, а также инструменты, позволяющие пользователю системы наблюдать процесс моделирования и влиять на его ход.

В данный момент для проведения имитационного моделирования дискретных моделей чаще всего используются последовательные симуляторы. Такие симуляторы хорошо справляются с задачами моделирования, как быстрых поведенческих моделей, так и точных - структурных. Однако, зачастую, такие системы дают недостаточную производительность. Также такие системы не всегда позволяют использовать уже существующих моделей, созданных для других симуляторов.

В качестве выхода из создавшейся ситуации используется распределенное имитационное моделирование. Распределенная система имитационного моделирования - это совокупность отдельно работающих симуляторов, выполняющих моделирование отдельных компонентов модели, и связанных между собой через некоторую транспортную среду для обеспечения синхронизированности процесса моделирования. При этом симуляторы могут работать на разных платформах (если в качестве транспортной среды используется компьютерная сеть), быть продуктами различных производителей и даже быть ориентированными на разные языки описания моделей.

Реализованная система моделирования состоит из распределенного симулятора, моделей, описанных на языке C++, связывающего отдельные компоненты приложения, обеспечивающего управление системой и синхронизацию симуляторов, а также пользовательских инструментов, при помощи которых осуществляется управление системой со стороны пользователя и просмотр результатов моделирования. Для создания распределенного симулятора был использован прототип уже существующего последовательного симулятора.

В данной системе используется параллелизм уровня компонентов, присущего самой моделируемой системе. Это дает возможность запускать отдельные компоненты моделируемой системы одновременно на разных симуляторах, взаимодействующих между собой через сетевой протокол.

Кроме того, реализованная система дискретного моделирования использует асинхронный принцип имитационного моделирования. Асинхронное имитационное моделирование основано на существовании в моделируемой системе событий, возникающих в различное время, которые не влияют друг на друга. Поскольку эти события независимы на некоторых отрезках времени, их одновременная обработка в параллельной или распределенной системе имитационного моделирования существенно

уменьшает время проведения имитационного моделирования по сравнению с обычным - последовательным подходом.

Главной проблемой асинхронного моделирования является возможность возникновения нарушений последовательности событий. Для решения подобной проблемы используется оптимистическая схема синхронизации, при которой симулятор отслеживает нарушения причинно-следственных связей между событиями при передаче внешних событий. И при нарушении таких связей совершает *откат* и повторяет некоторый временной участок имитационного моделирования с учетом события, вызвавшего откат. Если при повторном моделировании после отката были встречены расхождения с ходом предыдущего моделирования, то симулятор уведомляет о посланных ранее, но уже некорректных событиях, остальные симуляторы.

Созданный прототип системы был использован для анализа характеристик распределенных симуляторов, ограничения области их применения и поиска путей улучшения созданной системы.

В число достоинств можно отнести удовлетворения поставленным задачам, гибкость интерфейсов, приемлемая производительность системы для слабосвязанных моделей, наличие адаптивного управления частотой сохранения состояний и ограничением разбегания моделей. Также достоинством может считаться наличие механизма безопасного управления памятью, построенного по принципу “сбора ископаемых”.

В число недостатков системы можно отнести зависимость быстродействия от пропускной способности сети.

На основании анализа характеристик системы выявлены пути ее дальнейшего совершенствования, включающие в себя устранение недостатков, а также интеграцию в систему симуляторов, разработанных сторонними производителями.