

РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВЕРИФИКАЦИИ МАРШРУТИЗАТОРОВ СЕТИ ЕС8430

И.А. Аверин, М.А. Гильмендинов

При создании высокосложных электронных устройств и систем возникает необходимость проведения моделирования и верификации для определения соответствия спецификации на всех этапах проектирования, а именно: разработке архитектурной модели, построении RTL описания, синтеза Netlist и GDSII. С каждым этапом уменьшается уровень абстракции и увеличивается количество объектов и связей, что замедляет процесс моделирования. Усложнение отдельных компонентов устройств еще больше замедляет моделирование, а также требует особых техник для разработки тестовых сред, что накладывает ограничения на степень сложности тестовых воздействий на моделируемую систему.

Проблему низкой скорости симуляции высокосложных систем решают несколькими способами.

Первый способ заключается в дроблении тестов и независимом запуске на множестве серверов. Данный метод не позволяет проводить сложные и длинные тесты, поскольку время его исполнения растет очень быстро в зависимости от модельного.

Второй способ это использование большого количества ПЛИС связанных между собой. В ПЛИС записывается моделируемая система и через внешние программные модули подаются тестовые воздействия. Данный способ характеризуется наибольшей скоростью моделирования, но и наибольшими материальными затратами.

Третий способ – разбиение системы на слабосвязанные домены, каждый из которых запускается в отдельном процессе в рамках симулятора. Такой подход позволяет задействовать ресурсы параллельных вычислительных систем, но находится на стадии разработки и недоступен для использования в большинстве коммерческих симуляторов. Кроме того, такая опция будет требовать дополнительных лицензий.

В ОАО «НИЦЭВТ» разрабатывается высокоскоростная отказоустойчивая коммуникационная сеть для кластеров и суперЭВМ с топологией многомерный тор. В рамках разработки требуется моделировать не только отдельно взятую модель маршрутизатора, а всю сеть целиком, для проверки корректности алгоритмов маршрутизации.

При моделировании коммуникационной сети нельзя не учитывать ее размер и коммуникационные паттерны. В идеале нужно проверить работоспособность на всех возможных конфигурациях. На практике это невозможно, т.к. количество паттернов может быть бесконечно большим, а моделирование больших сетей занимает слишком много времени.

В данной работе описывается система для распараллеливания моделирования и верификации, созданная для ускорения разработки коммуникационной сети.

На рисунке 1 показана схема работы системы. На каждом вычислительном узле запускается несколько симуляторов, каждый из которых работает в отдельном тестовом окружении и моделирует один маршрутизатор сети. С помощью специально разработанной библиотеки `libnetrtl` симуляторы обмениваются данными с процессом `mpi_rtl`, который с помощью библиотеки `MPI` обменивается данными с другими вычислительными узлами.

Запуск симуляторов и процессов `mpi_rtl` производится таким образом, чтобы на каждое ядро вычислительного узла приходилось не более одного процесса.

Работа системы включает нескольких основных фаз:

4. инициализация `mpi_rtl`;
5. запуск симуляторов и их инициализация;
6. получение симуляторами данных для отправки;
7. отправка и прием данных;
8. проверка состояния сети (есть ли еще данные для передачи собственные или транзитные).

Верификация основана на сравнении пакетов переданных по сети с эталонными пакетами, переданных через тестовое окружение. Эталонные пакеты накапливаются на узле-получателе, где и сравниваются с пакетами, пришедшими из сети, транзитные пакеты не проверяются. Каждый пакет имеет уникальный идентификатор, с помощью которого осуществляется выбор эталонного пакета для сравнения. Данный подход гарантирует корректность функционирования коммуникационной сети на уровне доставки пакетов. Дополнительно используются методы для проверки маршрутов пакетов.

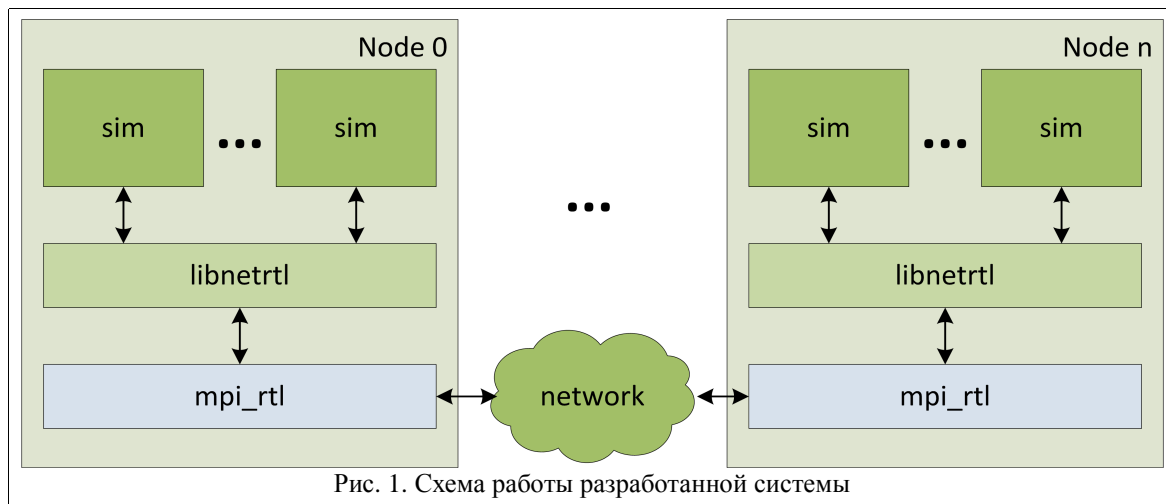


Рис. 1. Схема работы разработанной системы

Ниже приведены некоторые результаты работы разработанной системы и сравнение частоты моделирования последовательной и параллельной версий.

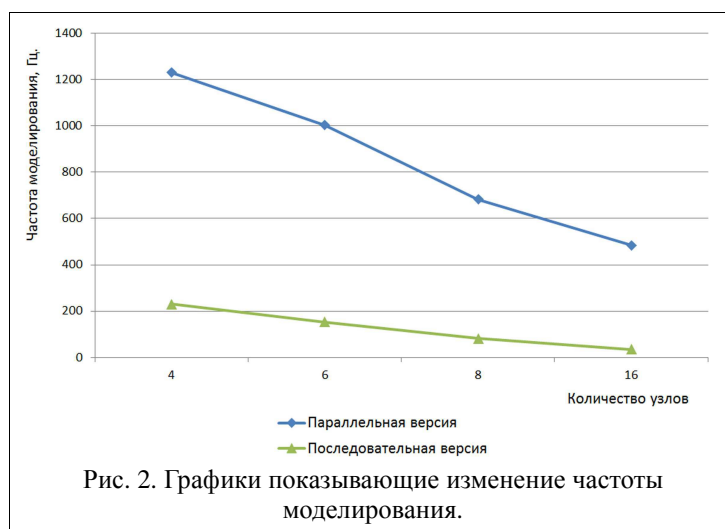


Рис. 2. Графики показывающие изменение частоты моделирования.

Как показано на графике, скорость симуляции существенно падает при усложнении модели сети. В данном случае критерием сложности служит ее размер, то есть количество моделируемых маршрутизаторов.

Благодаря разработанной системе удалось существенно повысить скорость моделирования, что позволило верифицировать конфигурации сети, работа с которыми была невозможна в последовательной версии из-за большого времени счета. Важным достижением является возможность моделирования сети, каждый узел которой содержит netlist.

В дальнейшем возможно развитие описанной системы в следующих направлениях:

- Запуск моделирования нескольких устройств в рамках одного симулятора;
- Буферизация данных при отправке. При моделировании сети из маршрутизаторов основное время тратится на вычисления и генерацию пакетов. Тестовая версия с буферизацией пакетов не дала прироста производительности, поэтому буферизация может стать актуальной, только если удастся ускорить работу симуляторов;

ЛИТЕРАТУРА:

1. W. Dally, B. Towles, «Principles and Practices of Interconnection Networks» Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, 2003.
2. L. Singh, L. Drucker, N. Khann «Advanced Verification Techniques: A Systemc Based Approach For Successful Tapeout» Kluwer Academic Publishers, January 2004.
3. J. Bhasker, «A SystemC Primer» Publisher: Star Galaxy Pub June, 2002.
4. MPI: <http://www.mpi-forum.org/docs/docs.html>