

ВИРТУАЛЬНОЕ ПРОТОТИПИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Прошкин Н.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель - к.т.н. Кустарев П.В. (Университет ИТМО)

Введение. Подход с использованием виртуальных отладочных стендов и прототипов разрабатываемых систем на базе программных симуляторов довольно широко распространен на данный момент в индустрии. В данной работе делается акцент на специализированных гетерогенных системах, которые, кроме процессоров общего назначения, содержат разнородные вычислители, например, на базе ПЛИС, и специфическую периферию. При разработке ПО для таких систем необходимо учитывать особенности их архитектуры, поэтому для отладки и тестирования не получится ограничиться стандартными РС. В ситуациях, когда изготовленных экземпляров разрабатываемой системы недостаточно или разработку ПО и аппаратной части необходимо вести параллельно, как раз и применяются виртуальные прототипы. Прототип - модель системы, в каком-либо аспекте подменяющая конечную систему на определенных этапах разработки.

На предыдущих этапах работы по этой теме был подготовлен и исследован инструментарий для моделирования специализированных вычислительных систем с использованием интеграции различных симуляторов, а на данном этапе будут продемонстрированы практические приемы использования этого инструментария.

Основная часть. В докладе описывается процесс разработки виртуальной модели передатчика видеопотока, реализующего стандарт цифрового спутникового телевизионного вещания DVB-S2 [1]. Цель данной работы – продемонстрировать возможности метода и инструментов виртуального прототипирования вычислительных систем, и поэтому, для упрощения, из стандарта DVB-S2 реализованы только отдельные функциональные блоки.

Разрабатывалась модель-прототип спутникового передающего устройства. Ее работа выглядит следующим образом: на вход поступает видеопоток (в нашем примере используется формат MPEG-TS), данные проходят ряд преобразований - формируется последовательность сетевых пакетов, выполняется помехозащитное кодирование, а затем данные передаются в радиопередатчик, где модулируются и отправляются через спутниковый канал.

Для компьютерной симуляции системы используется ранее подготовленный инструментарий, базирующийся на технологии Remote Port - TLM от Xilinx [2]. Этот комплекс моделирования представляет собой интеграцию разнородных симуляторов (процессоров и аппаратных блоков) и позволяет организовывать их совместную работу. Система стандарта DVB-S2 была выбрана в качестве примера в том числе потому, что в ней обработка сигнала разделяется на ряд последовательных этапов, которые можно реализовать в виде отдельных подсистем для демонстрации возможностей инструментария. Всего реализованы три подсистемы:

1. *Mode adaptation*

На этом этапе несколько входящих потоков формата MPEG-TS объединяются в один, а полученный поток разделяется на пакеты для дальнейшей передачи.

Данная функциональность в системе реализована программно и для ее исполнения используется QEMU-модель, симулирующая процессорное ядро MIPS32.

2. *Stream adaptation*

На этапе происходит скремблирование пакетов, полученных на предыдущем шаге.

Функции реализованы аппаратно и представляют собой RTL-описание на языке Verilog. В инструментарии для запуска RTL-моделей на данный момент есть два

варианта: можно использовать открытый симулятор Verilator или проприетарный, но обладающий лучшей поддержкой стандарта языка, симулятор QuestaSim.

3. *Forward Error Correction Encoding*

На данном этапе информация обрабатывается - кодируется - для защиты от ошибок: используются БЧХ-коды и LDPC-код.

На примере данных функций показано моделирование на высоком (транзакционном) уровне без закрепленного способа реализации. Модели выполнены на языке SystemC. Используемый инструментарий не только поддерживает SystemC в качестве одного из языков, на котором можно писать модели, но и использует этот симулятор в качестве промежуточного слоя, который обеспечивает обмен данными и синхронизацию остальных симуляторов.

Выводы. Основная цель доклада – продемонстрировать на практическом примере использование для виртуального прототипирования систем с нестандартной архитектурой инструментария, который представляет собой интеграцию симуляторов QEMU, SystemC и RTL-симуляторов. Дана инструкция, как, имея на руках техническое задание, в качестве которого выступает стандарт спутникового вещания DVB-S2, перейти к разработке исполняемых моделей отдельных программных и аппаратных подсистем и организовать совместную работу и отладку этих разнотипных моделей.

Список использованных источников.

1. European Telecommunications Standards Institute. Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2) – 2009 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302300_302399/302307/01.02.01_60/en_302307v010201p.pdf (дата обращения: 16.02.2025).
2. QEMU Co-simulation – Xilinx Wiki [Электронный ресурс]. – URL: <https://xilinx-wiki.atlassian.net/wiki/spaces/A/pages/862421112/Co-simulation> (дата обращения: 16.02.2025).