

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ  
ВЕРИФИКАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЛОКОВ IEC 61499  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ SPIN И SMV**

**Шатров В.В.** (Университет ИТМО)

**Научный руководитель – д.т.н., профессор, Вяткин В.В.**  
(Университет ИТМО)

В данной работе представлены результаты исследования двух подходов к верификации функциональных блоков стандарта IEC 61499. Проводится сравнительный анализ применения верификатора *SPIN*, использующего явное представление множеств состояний структуры Крипке, и применения к данной задаче символьного верификатора *SMV*.

**Введение.** Для разработки и проектирования промышленных киберфизических систем существует стандарт IEC 61499 который определяет работу систем из функциональных блоков. Для обеспечения надежности таких систем применяются методы формальной верификации, которые позволяют обнаружить ошибки в системе. Одним из эффективных методов формальной верификации является метод проверки моделей (*model-checking*). Для моделирования стандарта IEC 61499 применялись различные подходы, среди которых использовались временные автоматы, сети Петри (*NCES*), Машины Абстрактных Состояний (*Abstract State Machines*). Формальное описание системы на основе *ASM* позволило автоматически генерировать модели на языке *SMV* (*Symbolic Model Verifier*). Однако, при моделировании систем из функциональных блоков в замкнутом цикле производительность верификации при использовании *SMV* моделей значительно ухудшается при увеличении числа компонентов в системе.

**Основная часть.** Для решения проблемы производительности предложен способ моделирования систем IEC 61499 с помощью языка *Promela*, который используется для верификации инструментальным средством *SPIN*. Ключевым отличием между верификаторами *SMV* и *SPIN* является то, что *SMV* является символьным верификатором и в отличие от *SPIN* использует неявное представление множеств состояний структуры Крипке с использованием бинарных решающих диаграмм (*Binary Decision Diagrams*). Символьное представление используется для того чтобы избежать распространенной проблемы взрывного роста пространства состояний при верификации. Однако при моделировании систем в замкнутом цикле количество свободных переменных в системе сокращается и тем самым пространство состояний оказывается гораздо меньшим чем при моделировании в открытом цикле. По этой причине проблема взрывного роста пространства состояний становится менее острой и на производительность верификации начинает в большей степени влиять общее количество переменных в системе, не зависимо от того являются ли эти переменные свободными или нет. По этой причине верификация с применением *SMV* становится в большей степени зависимой от количества компонентов в системе, чем от размера пространства состояний.

При моделировании с использованием *SPIN* данные факторы меняются местами. На производительность в большей степени оказывает влияние размер пространства состояний, чем количество переменных в системе. При этом моделирование систем в замкнутом цикле отличаются от моделирования в открытом цикле тем, что к модели контроллера добавляется модель объекта управления, что позволяет уменьшить количество свободных переменных и тем самым пространство состояний системы, но одновременно с этим увеличивая общее количество переменных в системе.

Для моделирования систем функциональных блоков IEC 61499 был предложен способ составления моделей *SPIN* на основе формального описания с использованием *ASM*.

Для сравнения производительности верификации двух подходов была произведена верификация систем с различным количеством компонентов.

**Выводы.** Проведено сравнение производительности двух подходов при верификации систем с различным количеством компонентов, которое показало преимущество использования верификатора SPIN для моделирования систем функциональных блоков в замкнутом цикле.

Шатров В.В. (автор)

Подпись

Вяткин В.В. (научный руководитель)

Подпись