

Разработка эффективных методов учета примеров поведения при синтезе автоматных моделей по темпоральным формулам

Давлетшин Р. О., Закирзянов И. Т., Чивилихин Д. С., Университет ИТМО

Научный руководитель – Ульянов В. И., кандидат технических наук, доцент факультета ИТиП, научный сотрудник факультета ИТиП Университета ИТМО

Введение

Синтез автоматных моделей — это довольно распространенная задача. Область её применения варьируется от проверки программного обеспечения и синтеза управляющих систем [1] и [2], до задач биоинформатики. Распространённым способом решения данной задачи является сведение к задаче о выполнимости булевой формулы [3].

Обычно для задания спецификации синтезируемой системы используется формулы линейной темпоральной логики. Относительно недавно в этом направлении появился новый перспективный подход [2] синтеза автоматной модели с ограничением на размер итоговой системы, который демонстрирует хорошие результаты как в скорости, так и в качестве синтезируемых реактивных систем [4].

Однако зачастую только формул темпоральной логики недостаточно, чтобы задать все особенности синтезируемой системы. В таких случаях используются примеры поведения [1] и [5]. Также иногда задача состоит в синтезе автоматных систем только по примерам поведения. К сожалению, подход, описанный в [2] поддерживает представление примеров поведения только в виде темпоральных формул, что не позволяет эффективно использовать этот алгоритм для решения подобных задач.

Цель работы

Целью данной работы является разработка новых эффективных методов учета примеров поведения, основанных на подходе, представленном в [2], и сравнение новых методов с другими подходами к представлению примеров поведения.

Базовые положения исследования

Задача синтеза реактивных автоматных систем состоит в поиске автоматной системы минимального размера, которая будет реализовывать заданную спецификацию. Существует множество подходов к решению данной задачи, но одним из самых успешных считается сведение к задаче о выполнимости булевой формулы [3].

Спецификация для целевой реактивной системы обычно задается в виде формул линейной темпоральной логики, также часто есть необходимость дополнительно указать примеры поведения искомой системы.

Подход bounded synthesis [2] — это процесс синтеза системы переходов оптимального размера по спецификации, заданной в виде формулы линейной темпоральной логики. Для этого по LTL формуле строится система ограничений, доказывающая существование системы переходов, удовлетворяющей спецификации, заданного размера. Затем эта система кодируется в виде SAT или QSAT формулы и задача сводится к решению задачи о выполнимости булевой формулы. Однако у данного подхода есть свои недостатки, одним из которых является отсутствие возможности учета примеров поведения, за исключением случаев, когда сценарии представлены в виде LTL, что отрицательно влияет на производительность. В частности, это приводит к экспоненциальному росту формулы при использовании SAT кодирования.

Методы, разработанные в рамках данной работы, расширяют исходный алгоритм и позволяют эффективно учитывать примеры поведения при синтезе моделей. Для этого заданные примеры поведения преобразуются в кластеризованные графы сценариев, по которым далее строится система ограничений в виде SAT или QSAT формулы. После чего полученная формула дописывается к исходной формуле.

Результаты

В работе были разработаны новые методы учета примеров поведения при синтезе автоматных моделей по темпоральным формулам на основе подхода синтеза автоматных моделей с ограничением на размер целевой системы. Также были предложены новые варианты представления примеров поведения в виде кластеризованных графов сценариев. Кроме того, было проведено экспериментальное исследование с использованием, показавшее высокую эффективность новых методов и значительном превосходстве над базовым подходом.

Список литературы

1. Ulyantsev, V., Buzhinsky, I. & Shalyto, A. Exact finite-state machine identification from scenarios and temporal properties // *International Journal on Software Tools for Technology Transfer*. — 2018. — Т. 20, № 1. — С. 35-55.
2. Peter Faymonville, Bernd Finkbeiner, Markus N. Rabe, Leander Tentrup. Encodings of Bounded Synthesis // *Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems*. — 2017. — С. 354-370.
3. Ulyantsev V., Zakirzyanov I., Shalyto A. Symmetry Breaking Predicates for SAT-based DFA Identification. — 2016.
4. The 4th Reactive Synthesis Competition (SYNTCOMP 2017): Benchmarks, Participants & Results / Swen Jacobs [и др.] // *Sixth Workshop on Synthesis (SYNT 2017)*. *Electronic Proceedings in Theoretical Computer Science*. — 2017. — С. 116-143.
5. Ulyantsev, V., Tsarev, F. Extended finite-state machine induction using SAT-solver // *IFAC Proceedings Volumes*. — 2012. — Т. 45, № 6. — С. 236–241.