

АВТОМАТНАЯ ВРЕМЕННАЯ ГРАММАТИКА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ*

*Ульяновский государственный технический университет,
г. Ульяновск,
n.voit260883@gmail.com*

Введение

Применение временного автомата в проектировании, спецификации, контроле и анализе систем реального времени является известной практикой [1]. Временные и гибридные автоматы используются для анализа и управления в киберфизических системах (КФС) [2].

В работе разработана автоматная временная *RT*-грамматика, приведен пример.

Проблема

При решении задач проектирования, спецификации, контроля и анализа КФС возникают проблемы доступа к ресурсам, блокировки, ограничения живости (liveness, reversibility, boundedness, reachability, dead transitions, deadlocks, home states). Традиционными задачами КФС являются управление температурой атомного реактора, управление шлагбаумом на пересечении железнодорожных путей [3], в которых успешно применены временные контекстно-свободные грамматики для управления. Наличие большого числа взаимодействующих КФС ставит задачу формального контроля и анализа, что может быть выполнено различными методами. В настоящее время π -исчисление является перспективной, но еще очень молодой и развивающейся теорией, в ней много открытых вопросов и нерешенных проблем. Широко используемые сети Петри не имеют универсального фреймворка для моделирования и анализа КФС. Для того чтобы анализировать различные свойства (живость, достижимость, безопасность), КФС моделируются в разных типах сетей Петри. Достаточно широкое применение для анализа КФС при разработке безошибочных систем на этапе концептуального проектирования нашел метод *model checking*. Однако он предназначен для опытных ученых и инженеров, так как сложен для понимания и использования [4]. Также КФС специфицируются ме-

* Исследования поддержаны грантом Министерства образования и науки Российской Федерации, проект № 2.1615.2017/ПЧ, при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-07-01417 и Правительства Ульяновской области в рамках научного проекта № 16-47-732152.

неджеерами, которые не имеют подготовки в области формальных моделей и информатики, а для формального анализа необходимо детальное представление модели процесса на формальном языке, которое трудно построить и понять менеджерам.

Определение временной RT -грамматики

Автоматная временная RT -грамматика является расширением R -грамматики [5] и представлена шестеркой следующих компонентов:

$$G = (V, \Sigma, C, E, R, r_0), \quad (1)$$

где $V = \{v_e, e = \overline{1, H}\}$ – вспомогательный алфавит (алфавит операций над внутренней памятью); $\Sigma = \{a_l, l = \overline{1, L}\}$ – терминальный алфавит языка; C – конечное множество идентификаторов часов; E – множество временных выражений, определенных на C (ограничение часов и сброс часов), ограничено следующими выражениями: сначала $\{c := 0\}$ и далее $\{c \sim x\}$, причем c является переменной, а x является константой, $\sim \in \{=, <, \leq, >, \geq\}$; $R = \{r_i, i = \overline{0, I}\}$ – схема грамматики G (множество имен комплексов продукций, причем каждый комплекс r_i состоит из подмножества P_{ij} продукций $r_i = \{P_{ij}, j = \overline{1, J}\}$); $r_0 \in R$ – аксиома RT -грамматики (имя начального комплекса продукций), $r_k \in R$ – заключительный комплекс продукций. Продукция $P_{ij} \in r_i$ имеет вид $P_{ij}: a_l \frac{W_v(\gamma_1, \dots, \gamma_n)}{E} r_m$, где $W_v(\gamma_1, \dots, \gamma_n)$ – n -арное отношение, определяющее вид операции над внутренней памятью в зависимости от $v \in \{0, 1, 2\}$ (соответственно 0 – операции не производится, 1 – запись, 2 – чтение); $\gamma_1, \dots, \gamma_n \in V$; $r_i \in R$ – имя комплекса продукции-источника; $r_m \in R$ – имя комплекса продукции-преемника.

Пример. Рассмотрим язык, в котором каждая последовательность a сопровождается последовательностью равного количества b , причем есть по крайней мере два a и два b . Для каждой пары последовательностей a и b первый символ b должен появиться в течение 5 единиц времени от первого символа a , а заключительный символ b должен появиться в течение 20 единиц времени от первого символа a . Ниже приведена контекстно-свободная временная грамматика этого языка [6].

1. $S \rightarrow R S$.
2. $R \rightarrow a \{c := 0\} T b \{c < 20\}$.
3. $T \rightarrow a T b$.
4. $T \rightarrow a b \{c < 5\}$.

Дадим определение указанного языка:

$$L = \{a^n (b, c < 5)(b^m, c < 20) | m > 0, n = m + 1\}. \quad (3)$$

Графическое (в виде автомата с внутренней памятью типа «магазин») представление RT -грамматики, анализирующей язык (3), представлено на рис. 1.

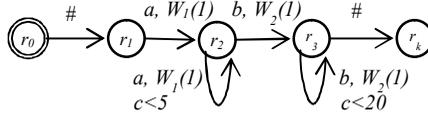


Рис. 1. Временной RT-автомат с магазинной памятью

Заключение

Достоинством временных *RT*-грамматик по сравнению с *LR(k)*- и *LL(k)*-методами являются линейные затраты времени анализа исходных цепочек языка с сохранением полноты контроля.

В будущих работах авторов будут рассмотрены временные грамматики для анализа, контроля и трансляции динамических потоков проектных задач, в которых значимое место занимает временной фактор. Использование таких грамматик позволит устранить ряд семантических ошибок на этапе концептуального проектирования сложных компьютерных систем.

1. Карпов, Ю.Г. MODEL CHECKING. Верификация параллельных и распределенных программных систем [Текст] / Ю.Г. Карпов – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2010. – 560 с.
2. Edward, A. Lee. Cyber-physical systems: Design challenges. In ISORC. 2008.
3. Heitmeyer, C.L. and N.A. Lynch. The generalized railroad crossing: A case study in formal verification of real-time systems // In IEEE RTSS, 1994. – P. 120–131.
4. Yuan Wang, Yushun Fan Using Temporal Logics for Modeling and Analysis of Workflows // Proceedings of E-Commerce Technology for Dynamic E-Business, 2004. IEEE International Conference on, 2004. DOI: 10.1109/CEC-EAST.2004.72.
5. Афанасьев, А.Н. Ассоциативное микропрограммирование [Текст] / А.Н. Афанасьев, А.А. Гужавин, О.Г. Кокаев. – Саратов: Издательство Саратовского университета, 1991. – 116 с.
6. Neda Saeedloei and Gopal Gupta Timed definite clause ω -grammars // Technical Communications of the International Conference on Logic Programming, 2010 (Edinburgh), pp. 212–221 <http://www.floc-conference.org/ICLP-home.html>