

СЕТЕВОЙ МЕТОД ЭВОЛЮЦИОННОГО СИНТЕЗА ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ТЕСТОВ

А. Н. Мартынюк¹, А.С. Сугак¹, Д.А. Мартынюк²

¹Одесский национальный политехнический университет,

²Одесское частное предприятие Nippon Auto

Аннотация. Представлен сетевой метод синтеза тестов для распределенных информационных систем (РИС), основанный на сетевой модели тестирования РИС, содержащей тестовые, реализующие, транспортирующие эволюции. Свойства сетевых взаимодействий модели позволяют определить особенности сетевого эволюционного синтеза тестов и предложить структуру метода. Сетевой эволюционный метод позволяет сократить время синтеза тестов в сравнении с детерминированными методами.

Ключевые слова: структурно-поведенческий тест, тестовая эволюция, реализующая и транспортирующая эволюция, сетевые эволюционные операции

Введение

Быстрое развитие сетевых компьютерных технологий, расширение масштабов и рост ответственности их применения обуславливают многие важные требования, в частности, высокой производительности, интероперабельности, распределенности, реконфигурируемости, виртуализации, ресурсосбережения, надежности функционирования. В обеспечении работоспособности различных прикладных распределенных информационных систем (РИС) автоматизированные системы технического диагностирования, выполняющие рабочий и тестовый контроль, занимают важное место.

Сложность, абстрактность и частичная определенность спецификаций высокоуровневых РИС [1], ограниченность их наблюдения и управления, а также высокая сложность задач анализа и синтеза определяют дальнейшее развитие теоретических структурных, поведенческих, информационных моделей и методов контроля, диагноза и тестирования [2], в том числе основанных на интеллектуальных технологиях [3].

Как известно, сложность подготовки системного тестового обеспечения обусловлена необходимостью перебора [4]. Это стимулирует развитие общих и специальных декомпозиционных методов [5], эволюционно-генетических подходов [6], основанных на псевдослучайном целенаправленном поиске, комплексных технологий, позволяющих достичь снижения NP -трудности задач тестирования при приемлемой полноте проверки.

Такое комплексирование актуально и в случае исследования и построения декомпозиционных

методов эволюционного [7] синтеза структурно-поведенческих тестов, использующих формальный аппарат теории экспериментов с автоматами [8].

В настоящей работе приведены результаты развития сетевого метода синтеза структурно-поведенческих тестов РИС, основанного на сетевой модели тестирования и выполняющего декомпозиционное эволюционное построение компонентных тестов, реализуемых и транспортируемых в сети автоматов.

1. Постановка задачи

Цель работы – сокращение времени для синтеза структурно-поведенческих тестов диагностирования РИС. Класс ошибок – искажения функциональных отображений автоматных моделей компонентов РИС.

Направление исследования – построение сетевых эволюционных методов с сигнатурой межкомпонентных сетевых генетических операций композиции для тестов, реализующего и транспортирующего поведения компонентных автоматов сетевой модели РИС.

Поставленная цель достигается с помощью решения задачи построения декомпозиционного сетевого метода синтеза структурно-поведенческих тестов РИС, основанного на сетевой модели тестирования [5] и имеющего особенности построения популяций тестовых, реализуемых и транспортируемых фрагментов в сетевой композиции соответствующих эволюций, а также многоразового использования накопленного узлового поведения.

Тестовый фрагмент tf_i [9] – это часть тестового вход-выходного поведения компонентного автомата a_i сетевой модели na , лежащая в диапазоне от некоторого неделимого тестового примитива tp_i , идентифицирующего некоторое свой-

ство, до некоторого поведенческого теста tex_i для этого автомата a_i .

Синтез поведенческого теста tex_i выполняет эволюция te_i в композиции с необходимыми ей реализующими Re_i и транспортирующими Tr_e_i эволюциями сети автоматов na .

Построение тестовой эволюции te_i для автомата a_i в окружении ее реализующих Re_i и транспортирующих Tr_e_i эволюций является частью построения сетевой модели тестирования tn [5,9], включающей, в частности, модель тестирования автомата ta_i и позволяющей определить условия синтеза поведенческого теста tex_i автомата a_i в автоматной сети na РИС.

2. Эволюционный метод синтеза тестов

Сетевой метод эволюционного синтеза структурно-поведенческих тестов основан на сетевой модели тестирования tn [12].

Сетевой метод синтеза тестов $TExp_{RjTiTrk}$ для некоторого автомата $a_i \in A$ в сети na определяет, как основную, сетевую тетраэволюцию $Se_{RjTiTrk}$, построенную на основе внутренних компонентных коэволюций Se_i и сетевых коэволюций Se_{RjTi} , Se_{RiTrk} с определением реализуемых и транспортируемых тестовых $Tr_{RjTiTrk}$, связующих $Lp_{RjTiTrk}$ примитивов, тестовых фрагментов $Tf_{RjTiTrk}$, для которых выполняются сетевые межкомпонентные операции мутации и кроссинговера.

Сетевые тесты $TExp_{RjTiTrk}$ – это совокупности фрагментов с удовлетворительной полнотой ρ_i , длиной $\lambda\varepsilon_i$ и кратностью θ_i , которые допустимо реализовать для произвольного автомата $a_i \in A$ в окружении автоматной сети na .

К особенностям сетевых эволюционных операций относятся межкомпонентные генетические операции, адаптивность мутаций, изменяемых с помощью встроенных инфицирующих эволюций, заготовка тестового поведения в узловых полуавтоматах $aR_{T-1(ai)}^X$, $aTr_{T(ai)}^Y$.

2.1. Определение задач сетевого метода

Для сетевого метода как основные определены три собственные задачи и одна внешняя компонентная задача:

1) внешнего синтеза тестовых фрагментов Tf_i для компонентных автоматов $a_i \in A$ с помощью вызываемого компонентного метода синтеза поведенческих тестов, представленного выше и обладающего в общем случае NP -сложностью;

2) синтеза компонентных реализуемых aR_i и транспортируемых aTr_i полуавтоматов, узловых реализующих $T^1(a_i)$ и транспортирующих $T(a_i)$ подсетей, узловых реализуемых $aR_{T^1(ai)}$ и транспортируемых $aTr_{T(ai)}$ полуавтоматов,

выполняемого детерминировано или эволюционно и обладающего в общем случае NP -сложностью;

3) обратной реализации сетевых тестовых фрагментов Tf_{RjTi} и прямой транспортировки сетевых тестовых фрагментов Tf_{RiTrk} , выполняемых детерминировано или эволюционно и обладающих в общем случае NP -сложностью;

4) кооперации сетевых тестовых фрагментов Tf_{RjTi} , Tf_{RiTrk} , $Tf_{RjTiTrk}$ в коэволюциях Se_{RjTi} , Se_{RiTrk} и тетраэволюции $Se_{RjTiTrk}$ для всего множества тестируемых автоматов $A = \cup_{i \in I} a_i$, выполняемой детерминировано или эволюционно и обладающей в общем случае NP -сложностью.

Уменьшения NP -сложности задач 2), 3) и 4) в большинстве случаев позволяет достичь псевдослучайный целенаправленный поиск эволюционно-генетических методов, применяемый в представленных реализуемых $aR_{T^1(ai)}$ и транспортируемых $aTr_{T(ai)}$ полуавтоматах, в обратной реализации Tf_{RjTi} и прямой транспортировке Tf_{RiTrk} тестовых фрагментов, в коэволюциях Se_{RjTi} , Se_{RiTrk} и тетраэволюции $Se_{RjTiTrk}$.

2.2. Построение процедуры сетевого метода

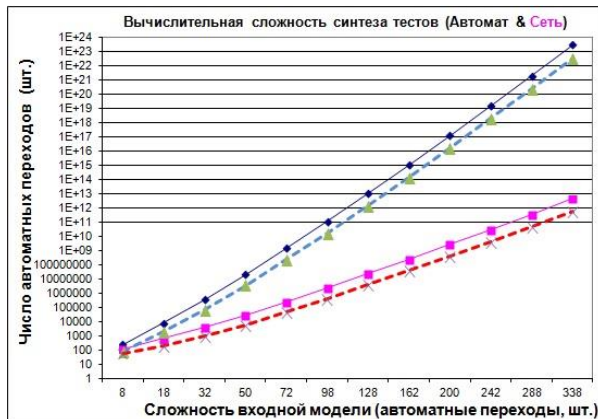
В представлении из четырех показанные выше задач и определенной совокупности вспомогательных задач, декомпозиционный сетевой метод синтеза структурно-поведенческих тестов в формальной модели внешних сетевых коэволюций Se_{RjTi} , Se_{RiTrk} и тетраэволюции $Se_{RjTiTrk}$, также, как и в случае компонентного метода, включает четыре стадии – препроцессорную, компонентного теста, сетевой реализации и сетевого транспортирования – и содержит соответствующие шаги (см. рис. 1).

Фитнесс-функции сетевого эволюционного метода, также на основе использования свойств совместимости и идентификации, критериев полноты ρ_i , длины $\lambda\varepsilon_i$ и кратности θ_i тестирования, определяют квазиупорядочение-предшествование и экстремумы всех формируемых фрагментов Tf_i , Tf_{RjTi} , Tf_{RiTrk} , $Tf_{RjTiTrk}$ и популяций T_{+i} , T_{+RjTi} , T_{+RiTrk} , $T_{+RjTiTrk}$ в целом в пространстве значений частных критериев и общего аддитивно-мультипликативного критерия фитнесс-функций.

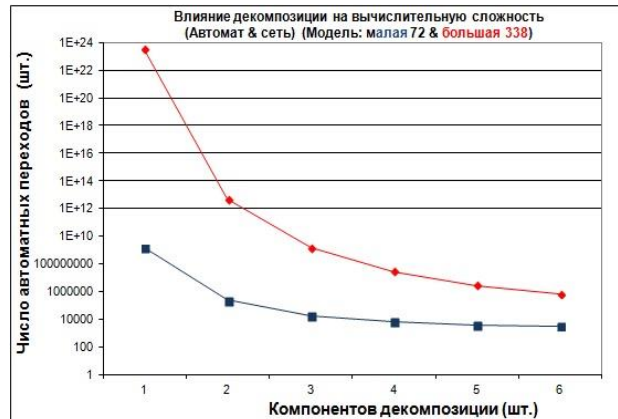
При допустимом параллельном представлении и реализации декомпозиционно-сетевого эволюционно-генетического метода, пока экземпляр фрагмента Tf_{ik} или популяции T_{+ik} эволюции Te_{ik} модифицируется, он не связывается в очередных операциях, функциях, шагах эволюции Te_{ik} .

ций тестовых, реализуемых, транспортируемых фрагментов в композиции эволюций и многоаэрозного использования узлового поведения и основанный на сетевой модели тестирования,

позволяет сократить вычислительную сложность синтеза тестов до $\log_2(2nm/k)$ раз в сравнении с сетевым детерминированным методом.



а)



б)

Рис. 2. – Зависимость вычислительной сложности эволюционного синтеза тестов от: а) сложности компонентной и сетевой моделей; б) степени декомпозиции

Заключение

Декомпозиционный сетевой метод на основе условий синтеза структурно-поведенческих тестов сетевой модели тестирования определяет реализуемые и транспортируемые тестовые фрагменты в реализующей, транспортирующей и тестовой популяциях, эволюционно формируемых для сетевой модели РИС при многократном использовании узлового тестового поведения.

Эволюционные структурно-поведенческие тесты РИС представляются в виде системы реализуемых и транспортируемых тестов с уменьшенным в сравнении с детерминированными сетевыми автоматными методами временем синтеза тестов при практическом сохранении полноты проверки.

Коэволюции тестовой, вирусной, реализующей и транспортирующей эволюций, компонентные и межкомпонентные операции для сетевого эволюционного метода синтеза тестов позволяет формировать его, как популяцию реализуемых и транспортируемых фрагментов.

Развитие внешних многоточечного кроссинговера и мутации при взаимодействии тестовой и вспомогательных вирусной, реализующей и транспортной эволюций уменьшило время развития тестовой популяции – время синтеза тестов, образующих покрытие примитивов.

Ограничения ресурсов эволюций – числа особей, агрегаций, их длины и кратности, управляемые параметры фитнес-функций и функций выбора, останов эволюции при достижении показателей полноты, длины и кратности популяции, времени синтеза обеспечивают нормальное

или аварийное завершение построения тестов.

Недостатком предложенного декомпозиционного сетевого метода синтеза тестов остается уменьшенная, но оставшаяся *NP*-сложность структурно-поведенческого тестового анализа, в частности, проявляющаяся в оценке его верхней границы.

Реализация сетевого метода синтеза тестов, выполненная для сервисов сетевого уровня, подтвердила сокращение затрат времени.

Список использованной литературы

1. Bakker, A. A. Wide-Area Distribution Network for Free Software [Text]/ A.A. Bakker, M. Steen, A.S. Tanenbaum // *ACM Trans. on Internet Technology*, Vol. 6, Aug. 2006. – P. 259–281.
2. Praveen Ranjan Automated Software Testing Using Metahuristic Technique Based on An Ant Colony Optimization Electronic System Design (ISED) [Text] / Ranjan Praveen, Srivastava Km Baby // *International Symposium*, 20–22 Dec. 2010, Bhubaneswar. – P. 235–240.
<http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1106/1106.2686.pdf>
3. Stuart, J. Russell Artificial Intelligence: a Modern Approach [Text] / Russell Stuart J. (Stuart Jonathan), and Peter Norvig // *Prentice-Hall, Inc. A Simon & Schuster Company Englewood Cliffs, New Jersey*, 2010. – 1095 p.
<http://www.pearsonhighered.com/educator/product/Artificial-Intelligence-A-Modern-Approach/9780136042594.page>
4. Grindal Mats Handling Combinatorial Explosion in Software Testing / Mats Grindal [Text]// *Printed by LiU-Tryck, Linköping*. 2007. – 89 p.
Url:<http://www.divaportal.org/smash/get/diva2:17568/FULLTEXT01.pdf>.

5. Мартынюк, А. Н. Сетевые автоматные модели синтеза тестов / А. Н. Мартынюк // *Холодильна техніка і технологія*. – Одеса. Изд. Одеськ.Акад.Харч.Технолог. 2007. № 2(106). – С.94–97.

6. Скобцов, Ю. А. Генетический алгоритм построения функциональных тестов арифметических устройств / Ю. А. Скобцов // Информационно-управляющие системы. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2/9 (68) 2014. – С. 9–13.

7. Иванов, Д. Е. Генетические алгоритмы построения входных идентифицирующих последовательностей цифровых устройств / Д. Е. Иванов // Донецк, ДНТУ, 2012. – 240 с.

8. Кудрявцев, В. Б. Анализ поведения автоматов / В. Б. Кудрявцев, И. С. Грунский, В. А. Козловский // *Дискретная математика*. – М.: РАН, Отделение математических наук. Том 21, № 1. 2009. – С. 3–35.

9. Сугак, А. С. Построение поведенческих тестов для недетерминированной временной автоматной модели / А. С. Сугак, А. Н. Мартынюк // *Электротехнические и компьютерные системы* № 17 (93), 2015. Одесса. – С. 63–68.

References

1. Bakker, A. A., M. Steen, A. S. Tanenbaum (2006) Wide-Area Distribution Network for Free Software *ACM Trans. on Internet Technology*, Vol. 6, Aug. – P. 259–281.

2. Praveen Ranjan Automated Software Testing Using Metahuristic Technique Based on An Ant Colony Optimization Electronic System Design (ISED) / Ranjan Praveen, Srivastava Km Baby // *International Symposium*, 20–22 Dec. 2010, Bhubaneswar. – P. 235–240. Url:<http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1106/1106.2686.pdf>

3. Stuart J., Norvig, P. (2010) *Russell Artificial Intelligence: a Modern Approach*. (Prentice-Hall, Inc. A Simon & Schuster Company Englewood Cliffs, New Jersey, – 1095 p. <http://www.pearsonhighered.com/educator/product/Artificial-Intelligence-A-Modern-Approach/9780136042594.page>

4. Grindal Mats Handling Combinatorial Explosion in Software Testing / Mats Grindal // *Printed by LiU-Tryck*, Linköping. 2007. – 89 p. <http://www.divaportal.org/smash/get/diva2:17568/FULLTEXT01.pdf>.

5. Martynyuk, A. N. (2007) Network Automata Models for Test Synthesis [Setevye avtomatnye modeli sinteza testov] / A.N. Martynyuk // *Kholodil'na Tekhnika I Tekhnologiya*, – Odessa. Isd. Odesk.Akad.Harch.Tehnolog.. No 2(106). – P.94 – 97.

6. Skobtsov, Y. A. (2014) Genetic Algorithm of building of functional tests for arithmetic devises [Genetichesky algoritm postroeniya funktsionalnih testov arifmeticheskikh ustroystv] *Informatsionno-upravlyayuschie sistmy. Vostochno-Evropeysky journal peredovih technology*, – 2/9 (68). – С. 9–

7. Ivanov, D. E. (2012) Genetic Algorithms of building of identifier sequences for digital circuits [Geneticheskie algoritmi postroeniya vhodnih identifikatsionnykh posledovatel'nostey tsifrovih ustroystv] Donetsk, DNT., – 240 p.

8. Kudryavtsev, V. B. (2009) Automata Behavior Analysis [Analiz Povedeniya Avtomatov] / V.B. Kudryavtsev, I.S. Grunskii, V.A. Kozlovskii // *Diskretnaya Matematika*, Moskva. РАН, Otdelenie Matematicheskikh Nauk. Tom 21, No1.. P.3–35.

9. Sугак, А. С. (2015) Building of behavioral tests for nondeterministic time automata model [Postroenie povedencheskikh testov dlya nedeterminirovannoy vremennoy avtomatnoy modeli] / H.S. Sугак, O.N. Martynyuk // *Electrotechnicheskie i komputernie sistemi* № 17 (93), Odessa. – P. 63–68.

NETWORK METHOD OF EVOLUTION SYNTHESIS OF BEHAVIOR TESTS

O. N. Martynyuk¹, H. S. Sugak¹, D. O. Martynyuk²

¹ Odessa National Polytechnic University,

² Odessa Private Enterprise Nippon Auto

Abstract. In this paper, we present a network decomposition method for synthesizing structured behavioral tests for use as part of diagnosis of distributed information systems (DIS). The network decomposition method is based on the network evolutionary model of DIS testing, which contains a system of test, infecting, realizing, transporting evolutions. The interaction of evolution takes place at three levels: within the component network for an individual network automaton; cooperatively component in the evolutionary implementation and transport of test behavior of a separate component of the automaton network representing DIS; between combining component cooperations. The properties of the network interactions of the model made it possible to determine the features of intercomponent basic automata compositions, parallel, sequential, feedback, evolutionary mutation and crossover operations, fitness and choice functions. Among them, in

particular, are the adaptability of mutations, that are altered by means of built-in infectious evolutions, the preparation and repeated immune use of test, realized and transported behavior in the nodes of the automata network, representing DIS. The definition of an algebraic system from base sets of test, realized and transported fragments, as well as signatures of compositional and evolution operations in the automata network, made it possible to propose the basic structure of the network evolutionary method of decomposition synthesis of structured behavioral tests. The parallelism of test evolution, realizing and transporting evolutions of the network model of testing is inherited by the network evolutionary method and allows parallel program-algorithmic realization of the interaction of evolution. As shown by analytical estimates and physical experiments, the network evolutionary method allows to reduce the time of synthesis of tests and preparation of test support in general for the majority of real RIS in comparison with network deterministic methods.

Key words: the structural and behavioral test, the test evolution, realizing and transporting evolution, network evolutionary operations

МЕРЕЖЕВИЙ МЕТОД ЕВОЛЮЦІЙНОГО СИНТЕЗУ ПОВЕДІНКОВИХ ТЕСТІВ

О. М. Мартинюк¹, Г. С. Сугак², Д. О. Мартинюк³

^{1,2} Одеський національний політехнічний університет,

³ Одеське приватне підприємство Nippon Auto

Анотація. Представлений мережевий метод синтезу тестів для розподілених інформаційних систем (РІС), заснований на мережевій моделі тестування РІС, що містить тестові, реалізуючі, транспортуючі еволюції. Властивості мережевих взаємодій моделі дозволяють визначити особливості мережевого еволюційного синтезу тестів і запропонувати структуру методу. Мережевий еволюційний метод дозволяє скоротити час синтезу тестів в порівнянні з детермінованими методами.

Ключові слова: структурно-поведінковий тест, тестова еволюція, реалізуюча і транспортуюча еволюція, мережеві еволюційні операції

Получено 14.05.2017



Мартинюк Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры компьютерных интеллектуальных систем и сетей Одесского национального политехнического университета. Просп. Шевченко, 1, Одесса, Украина, E-mail: anmartyniuk@ukr.net, тел.: +38(067) 489-81-69
Martyniuk Oleksandr Nikolaevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Computer Intelligent Systems and Networks of the Odessa National Polytechnic University. Prosp. Shevchenko, 1, Odessa, Ukraine, E-mail: anmartyniuk@ukr.net, phone: +38 (067) 489-81-69
ORCID ID: 0000-0003-1461-2000



Сугак Анна Сергеевна, ассистент кафедры компьютеризированных систем управления Одесского национального политехнического университета. Просп. Шевченко, 1, Одесса, Украина, E-mail: sygak.anna@mail.ru, тел.: +38(093) 705-15-93

Sygак Anna Sergeevna, assistant of the Department of Computerized Control Systems of Odessa National Polytechnic University. Prosp. Shevchenko, 1, Odessa, Ukraine, E-mail: sygak.anna@mail.ru, tel. : +38 (093) 705-15-93
ORCID ID: 0000-0002-7223-8822



Мартинюк Дмитрий Александрович, инженер частного предприятия Nippon Auto. Ул. Академика Вильямса, 71А, Одесса, Украина, E-mail: d.hnr@gmail.com, тел.: +38(093) 074-95-34

Martyniuk Dmitry Oleksandrovich, engineer of the private enterprise Nippon Auto. Str. Academician Williams, 71A, Odessa, Ukraine, E-mail: d.hnr@gmail.com, тел.: +38(093) 074-95-34

ORCID ID: 0000-0001-9267-1474