

УДК 519.718.7:681.3.069

А. С. Сугак,
А. Н. Мартынюк, канд. техн. наук

МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА ПОВЕДЕНЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация. Распределенные информационные системы обуславливают для средств рабочего и тестового диагностирования свойства распределенности, автономности, целеобразования, кооперации, естественных для мультиагентных систем. В работе представлена мультиагентная система поведенческого диагностирования, основанной на модели контрольных экспериментов в сети автоматных моделей распределенных информационных систем, отличающихся гибридным типом агентов с реактивным рабочим и делиберативным тестовым компонентами, сочетающими детерминированный и эволюционный методы синтеза декомпозиционных поведенческих тестов. Реализация мультиагентной системы представлена структурными схемами и основными шагами процедур детерминированного и эволюционного генераторов тестов.

Ключевые слова: распределенная информационная система, рабочее и тестовое диагностирование, поведенческий тест, эволюционная система, мультиагентная система

A. Sugak,
A. Martyniuk, PhD.

MULTI-AGENT SYSTEMS OF BEHAVIORAL DIAGNOSIS FOR DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEM

Abstract. Distributed Information Systems cause the properties of the distribution, autonomy, goal formation, cooperation for tools of working and test diagnosing, natural for multi-agent systems. The paper presents a multi-agent systems behavioral diagnosis, based on the model of control experiments in the network of automata models of Distributed Information Systems, different hybrid type agents for reactive work and deliberative test components, that combine deterministic and evolutionary methods for the synthesis of decomposition behavioral tests. Implementing multi-agent systems is a block diagram and the basic steps of procedures for deterministic evolutionary test generators.

Keywords: distributed information system, working and test diagnostics, behavioral test, evolutionary system, multi-agent system

Г. С. Сугак,
О. М. Мартинюк, канд. техн. наук

МУЛЬТИАГЕНТНА СИСТЕМА ПОВЕДІНКОВОГО ДІАГНОСТУВАННЯ РОЗПОДІЛЕНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Анотація. Розподілені інформаційні системи зумовлюють для засобів робітника і тестового діагностування властивості розподілу, автономності, цілестворення, кооперації, природних для мультиагентних систем. У роботі представлена мультиагентна система поведінкового діагностування, заснованої на моделі контрольних експериментів в мережі автоматних моделей розподілених інформаційних систем, що відрізняється гібридним типом агентів з реактивним робітником і деліберативним тестовим компонентами, що поєднують детермінований і еволюційний методи синтезу декомпозиційних поведінкових тестів. Реалізація мультиагентної системи представлена структурними схемами і основними кроками процедур детермінованого та еволюційного генераторів тестів.

Ключові слова: робоче та тестове діагностування, контрольний експеримент, розподілена інформаційна система, мультиагентна система

Введение

Работоспособность и отказоустойчивость распределенных информационных систем (РИС) в немалой степени зависит от комплекса примененных средств рабочего и тестового диагностирования [1]. Особенности РИС [2] обуславливают для такого комплекса и его компонентов наличие свойств распределенности, автономности, возможных мобильности, кооперации и целеобразования.

Совокупное присутствие данных свойств естественно для мультиагентных систем (МАС) различного назначения [3], в частности, для МАС, решающих задачи контроля и диагноза.

Вместе с тем, динамичность, недетерминированность сетевых взаимодействий компонентов РИС, функционально-поведенческое представление их работы и, наконец, сверхвысокая сложность самих РИС, имеющая тенденцию к дальнейшему росту, обуславливают существование нерешенных задач диагноза в рамках технологий и систем многоуровневых, поведенческих верификации проектов РИС и тестирования их реализаций [4].

Особое место в двух последних технологиях занимает синтез используемых ими тестов, характеризующийся на поведенческом уровне экспоненциальной сложностью и, одновременно с этим, требованиями высокой полноты проверки при приемлемых вычис-

лительных затратах [5]. Полиномиальное понижение этой сложности и, как следствие, вычислительных затрат достигается, в частности, с помощью развивающихся:

- декомпозиционных, распределенных сетевых и сквозных иерархических методов, использующих информацию о пространственной структуре РИС, временной, асинхронно-событийной структуре функционирования и взаимодействий их компонентов [6];
- методов искусственного интеллекта, основанных на мультиагентных технологиях, эволюционных моделях и генетических алгоритмах, применяющих кооперативный псевдослучайный целенаправленный поиск [7].

Принадлежность большинства современных РИС к системам реального времени, нередко критического применения, ужесточает требования к презентабельности – полноте, точности и актуальности – проверок работоспособности, а также необходимых для их достижения вычислительных затрат – времени и памяти – побуждает применять комплексы и системы средств, прежде всего, оперативного рабочего контроля и отложенного тестового контроля [8].

Особенность поведенческих тестов – моделей и методов их построения и применения – состоит в том, что для них возможен пассивный режим рабочего контроля и активный режим собственно тестового контроля [5]. В первом случае идет текущее накопление презентабельности проверок, как фонового процесса для обычного рабочего функционирования компонентов РИС, во втором случае, как и полагается для тестов, выполняется прерывание рабочего функционирования и выполняется тестовая проверка, сопровождаемая при необходимости предшествующим синтезом тестов. Оптимальное сочетание и взаимодействие этих двух процессов, их декомпозиция в среде РИС, возможность использования для них указанных свойств и преимуществ МАС, рассматриваемые комплексно, имеют множество открытых вопросов тестовой организации МАС и в этой связи представляются актуальными и нетривиальными.

Принятая для исследования в качестве модельной среды МАС поведенческая модель РИС – сетевая модель взаимодействующих компонентных моделей автоматного класса – характеризуется структурой, автоматными алфавитами и отображениями компонентов, структурами и объектами данных и знаний, которые могут изменяться в жизненном цикле РИС.

Постановка задачи

Целью работы является повышение полноты и актуальности (оперативности вплоть до реального времени) проверок поведенческого тестирования РИС в классе ошибок функциональных отображений ее компонентов. Повышение достигается за счет расширения сетевой автоматной модели тестирования (МТ) РИС и построения в ее среде концептуальной модели МАС поведенческого тестирования (в дальнейшем – просто МАС), которая при учете условий тестирования, выявленных в МТ, позволяет выполнять распределенный кооперативный синтез поведенческих тестов для компонентов РИС.

Для достижения цели решаются две задачи:

- расширения сетевой автоматной модели поведенческого тестирования РИС, во-первых, основанной на сетевой модели контрольных и распознающих автоматных экспериментов, во-вторых, отличающейся идентификацией специфицируемых свойств в экспериментах, построенных на базе тестовых и связующих примитивов, реализующих и транспортных деревьев, в-третьих, предназначенной для определения условий синтеза поведенческих тестов для компонентов РИС;

- построения распределенной гибридной модели МАС рабочего и тестового контроля, во-первых, основанной на детерминированном и эволюционном методах синтеза сетевых распознающих и контрольных экспериментов на основе генетического программирования, во-вторых, отличающейся реактивным агентным компонентом для распознающих экспериментов и делиберативным агентным компонентом для контрольных экспериментов, расширенной иммунитетом сигнатурой операций и функций, в-третьих, предназначенной для синтеза поведенческих тестов для компонентов РИС.

Решение первой задачи выполнено в предшествующих работах [9 – 10].

В настоящей работе представлено концепция решения второй задачи, имеющее вид мультиагентного развития автоматного синтеза поведенческих тестов [11], на основе эволюционного подхода и генетического программирования с модифицированной сигнатурой операций и функций.

В качестве критериев оценки МАС тестирования приняты, во-первых, полнота проверок в классе ошибок автоматных отображений компонентов РИС, во-вторых, актуальность этих проверок, ограничиваемая реальным временем для рабочего контроля и определяемая временем синтеза поведенческих тестов в случае тестового контроля.

Концепция агентной модели МАС

Мультиагентная система тестирования, выполняющая рабочий и тестовый контроль в среде РИС, представляется ее подструктурами, образованными кооперациями агентов.

Модель первого уровня – атомарный элемент МАС – гибридный агент, содержащий два дополняющих друг друга компонента – реактивный детерминированный и делиберативный эволюционный.

Цель агента – формальное представление объектного и интерфейсного (в смысле компонентного программирования), автономного и кооперативного, целеобразующего и интеллектуального обеспечения рабочего и тестового контроля компонента РИС.

Множество тестовых, транспортных и диспетчерских заданий агента включает:

- построение компонентных идентификаторов опорных состояний;
- построение компонентных тестовых примитивов;
- пассивное распознавание компонентных тестовых фрагментов вплоть до поведенческих тестов компонентов РИС для их рабочего контроля;

– активное формирование компонентных тестовых фрагментов вплоть до поведенческих тестов компонентов РИС для их тестового контроля;

– построение компонентных идентификаторов входных слов;

– построение компонентных минимизированных входного и выходного «узловых» полуавтоматов;

– декомпозиция задачи поведенческого тестирования компонентов РИС, в частности, синтеза компонентных поведенческих тестов, на структуру агентных заданий, связанных системой множественных, функциональных, временных отношений, в частности, отношением предшествования, определение ресурсов, необходимых для них и доступных соответствующим агентам;

– формирование компонентных сценариев детерминированного, эволюционного, комбинированного поведенческого тестирования;

– планирование заданий и диспетчеризация распределения агентных ресурсов на основе входного буфера заданий, динамических приоритетов заданий, механизмов критических секций ресурсов, квантования доступа к ним, транзакций в заданиях поведенческого тестирования, выходного буфера решений в соответствии с компонентными сценариями.

При решении произвольного задания в соответствии с видом, сложностью и состоянием соответствующего компонента РИС, состоянием МАС, а также целеобразованием агента определяется приоритет выбора реактивного или делиберативного компонента и его последующая активизация.

Функционирование реактивного компонента агента в основном базируется на детерминированных методах поиска в глубину и ширину с локально-переборной оптимизацией и, как следствие, для автоматных распознающих и контрольных экспериментов поведенческого тестирования обладает экспоненциальной вычислительной сложностью.

Это обстоятельство предполагает:

– получение решения заданий требуемой, как правило, высокой полноты при затратах времени и памяти, ограниченных верхними границами ресурсов агента (кооперации агентов), в ограниченном пространстве анализа (подмножестве компонентов РИС) для объектов средней степени сложности (до 1000 автоматных состояний);

– предварительное, на этапе построения МАС, применение декомпозиции задач и распределения заданий тестирования во времени агента и между агентами;

– использование в фоновом режиме для реального времени рабочего функционирования РИС заготовленных результатов (идентификаторов, тестовых примитивов и фрагментов, связующих примитивов, входных и выходных деревьев), полученных кем-либо ранее, что важно для рабочего контроля.

Функционирование делиберативного компонента агента в основном базируется на эволюционном подходе и методах генетического программирования с псевдослучайным целенаправленным поиском и, как следствие, для автоматных распознающих и кон-

трольных экспериментов поведенческого тестирования обладает экспериментальной сложностью, существенно меньшей экспоненциальных аналитических оценок вычислительной сложности детерминированных методов.

Это обуславливает:

– получение решения заданий приемлемой полноты при затратах времени и памяти, ниже средних, диапазона, ограниченного нижними и верхними границами ресурсов агента (кооперации агентов), в пространстве анализа объектов высокой степени сложности (более 1000 автоматных состояний);

– динамическое, на этапе анализа, применение декомпозиции задач и кооперативного распределения заданий во времени агента и между агентами;

– построение в выделенном режиме тестового функционирования РИС новых результатов (идентификаторов, тестовых примитивов и фрагментов, связующих примитивов, входных и выходных деревьев), что характерно для тестового контроля.

Интеллектуальность и целеобразование компонентного агента базируется, прежде всего, на агентной эволюционной системе, основанной на генетическом программировании с модифицированной сигнатурой операций и функций в составе параметризированной мутации, многоточечного кроссинговера, шаблонного иммунитета, функций фитнеса, выбора. Гены и особи эволюции агента представлены идентификаторами, примитивами и фрагментами, популяция – множеством фрагментов. Интеллектуальность обеспечивается целенаправленным формированием новой популяции, целеобразование реализуется функциями фитнеса и выбора. Благодаря параметризированной мутации внешняя кооперативная эволюция образует с агентной компонентной эволюцией коэволюцию. Внешняя кооперативная эволюция реализуется для данного агента внешней по отношению к нему агентной кооперацией. Иммунитет шаблонного типа обеспечивает распознавание входных операндов компонентных мутации и кроссинговера в случае имевшего место и сохраненного соответствующего опыта и использование заготовленных (сохраненных) результатов (компонентных и кооперативных идентификаторов, примитивов, фрагментов, деревьев).

Кооперативность компонентного агента – способность к участию в образовании и существовании коопераций – базируется на построении компонентных идентификаторов входных слов и компонентных минимизированных входного и выходного «узловых» полуавтоматов, являющихся основными элементами при прямом и обратном «проходе» реализуемого и транспортируемого поведения через компоненты РИС.

Концепция кооперативной модели МАС

Модель второго уровня – виртуальная подсистема МАС – кооперация гибридных агентов, в зависимости от решаемого задания детерминировано и/или эволюционно формирующая и активизирующая необходимую структуру реактивных и делиберативных компонентов, которые содержатся в кооперации агентов.

Цель кооперации агентов – формальное представление структурно-топологического, реализующего и транспортирующего, целеобразующего и интеллектуального исполнения заданий при рабочем и тестовом контроле связанных структур компонентов РИС.

Множество основных и вспомогательных заданий тестирования, транспортировки и диспетчеризации в кооперации агентов включают:

- построение сценария работы кооперации при решении общего задания, в виде детерминированного, эволюционного или комбинированного условного эксперимента;

- определение частного «узлового» реализующего или транспортирующего задания каждому агенту, отличному от стартового, в рамках общего задания стартового агента;

- аналитическое определение (прогноз) вычислительной сложности каждого частного задания при детерминированном и эволюционном исполнении его реактивным или делиберативным компонентом, а также приоритет этих исполнений для общего задания;

- аналитическое определение (прогноз) комплексной вычислительной сложности общего и частных заданий кооперации агентов;

- кооперативное построение «узловых» структурных прямых и обратных деревьев;

- кооперативное построение входных реализующих и выходных транспортирующих «узловых» фрагментов-полуавтоматов;

- кооперативное построение «узловых» обратных входных реализующих и прямых выходных транспортирующих деревьев;

- кооперативное сужение компонентных идентификаторов опорных состояний до реализуемых и транспортируемых в сети РИС – кооперативных идентификаторов опорных состояний;

- кооперативное сужение компонентных идентификаторов входных слов до реализуемых и транспортируемых в сети РИС – кооперативных идентификаторов входных слов;

- кооперативное сужение компонентных тестовых примитивов до реализуемых и транспортируемых в сети РИС – кооперативных тестовых примитивов;

- кооперативное сужение пассивного распознавания компонентных тестовых фрагментов и поведенческих тестов компонентов до реализуемых и транспортируемых в сети РИС для их рабочего контроля;

- кооперативное сужение активного формирования компонентных тестовых фрагментов и поведенческих тестов компонентов до реализуемых и транспортируемых в сети РИС для их тестового контроля;

- декомпозиция задачи поведенческого тестирования РИС, в частности, синтеза поведенческих тестов РИС, на структуру кооперативных заданий, связанных системой множественных, функциональных, временных отношений, в частности, отношением предшествования, определение ресурсов, необходимых для них и доступных соответствующим кооперациям агентов;

- формирование кооперативных сценариев детерминированного, эволюционного, комбинированного поведенческого тестирования;

- планирование заданий и диспетчеризация распределения кооперативных ресурсов на основе образованных кооперацией системы входных буферов заданий агентов, динамических приоритетов заданий, механизмов критических секций ресурсов, квантования доступа к ним, транзакций в заданиях поведенческого тестирования, системы выходных буферов решений агентов в соответствии с кооперативными сценариями.

Перед решением произвольного задания согласно виду, сложности и состоянию РИС и МАС, а также согласно комплексному (под задание) целеобразованию на множестве агентов МАС детерминировано и/или эволюционно формируется и активизируется соответствующая кооперация агентов, как распределенная динамическая система. Очевидно, что граф смежности для кооперации является подграфом сети РИС. Активизация кооперации определяет приоритеты выбора и активизации реактивных и/или делиберативных компонентов для агентов коопераций, строит соответствующий сценарий с учетом структурных связей и поведенческих отношений.

Само формирование инициируется как некоторым стартовым агентом кооперации, так и извне МАС на некотором ее граничном узле (узле РИС), опять же обслуживаемом соответствующим стартовым агентом. Формирование использует часть ранее приведенных заданий кооперации, а именно:

- построение структурных «узловых» обратных и прямых деревьев РИС;

- определение размерности и функциональной сложности компонентов структурных деревьев;

- определение структурных, поведенческих, временных отношений на множествах агентов и узлов;

- определение типа сценария работы кооперации при решении общего задания, как детерминированного, эволюционного или комбинированного условного эксперимента.

Как формирование, так и функционирование кооперации агентов основано на поиске, который в зависимости от выбранного метода может быть детерминированным в глубину или ширину с локально-переборной оптимизацией или псевдослучайным целенаправленным с эволюционной оптимизацией. То есть функционирование кооперации агентов МАС в среде РИС при ее возникновении и в ходе решения задания базируется на ситуативных (по заданию) комбинациях детерминированных и эволюционных методов агентов коопераций, реализуемых их реактивными и делиберативными компонентами. Следовательно, поведенческое тестирование в этом случае может обладать экспериментальной сложностью, меньшей экспоненциальных аналитических оценок вычислительной сложности детерминированных методов. Это обуславливается возможностью сочетания представленных ранее достоинств двух подходов. Образование и выбор комбинаций детерминированных и эволюционных методов в некоторой кооперации агентов не отделимы от формирования самой кооперации.

Интеллектуальность и целеобразование кооперации агентов базируется, прежде всего, на кооперативной эволюционной системе верхнего уровня, основанной на генетическом программировании с модифицированной сигнатурой операций и функций как и в случае агента в составе параметризированной мутации, многоточечного кроссинговера, шаблонного иммунитета, функций фитнес, выбора. Гены и особи кооперативной эволюции помимо идентификаторов, примитивов и фрагментов агентной эволюции также представлены «узловыми» реализующими и транспортирующими фрагментами, кооперативными идентификаторами, примитивами и фрагментами. Популяция кооперативной эволюции представлена множествами уже всех фрагментов, как компонентных, так и «узловых» и кооперативных. Таким образом, эволюция кооперации является системой эволюций агентов, связанных реализацией и транспортировкой, поскольку расширяет множества фрагментов из популяций агентов до надмножества фрагментов своей популяции. Интеллектуальность и в этом случае обеспечивается целенаправленным формированием новой системы популяций, целеобразование реализуется системой параметрических функций фитнес и выбора с учетом комплексного аддитивно-мультипликативного критерия. Иммунитет шаблонного типа так же обеспечивает распознавание входных операндов кооперативных мутации и кроссинговера в случае имевшего место и сохраненного соответствующего опыта и использование (кооперативных идентификаторов, примитивов, фрагментов, деревьев).

Собственная кооперативность групп и популяций агентов – готовность к образованию и поддержанию коопераций – базируется на построении «узловых» структурных прямых и обратных деревьев, входных реализующих и выходных транспортирующих «узловых» фрагментов-полуавтоматов, «узловых» обратных входных реализующих и прямых выходных транспортирующих деревьев, сужениях кооперативных идентификаторов, примитивов, фрагментов в сети компонентов РИС.

Функционирование множества коопераций агентов МАС и самих агентов в их составе планируется и управляется распределенными диспетчерами коопераций МАС, реализованными для агентов МАС как компоненты-диспетчеры с детерминированным и эволюционным управлением.

На транспортном уровне, смежном снизу по отношению к прикладному тестовому уровню взаимодействие агентов коопераций обеспечивается собственными коммуникационными средствами РИС (например, средствами компонентного программирования на платформах COM+, .Net, EJB, кластерными средствами MPI, Open MP и т.д.), виртуализированными («прозрачными») для агентов МАС как транспортные интерфейсные компоненты.

Реализация МАС

Реализация детерминированного генератора поведенческих тестов осуществляется в среде Visual.Net, которая, в частности, принята в качестве инструментальной среды построения и математическо-

го моделирования автоматных моделей и детерминированных методов синтеза поведенческих тестов. Генератор содержит совокупность детерминированных моделей и методов, которые образуют полную систему синтеза поведенческих тестов. Возможно любое применение отдельных детерминированных моделей и методов, в том числе в составе эволюционного генератора, как, впрочем, и обратное использование эволюционных моделей и методов в детерминированном генераторе. Целесообразность комбинаций моделей и методов определяется критериями оценки результатов – полнотой проверки ошибок, длиной и кратностью тестов, вычислительными затратами.

В соответствии с прототипом структурной схемы (рис. 1) построение моделей тестирования начинается с этапа структурно-топологического (графового) анализа как автоматных моделей компонентов РИС, так и сети РИС в целом.

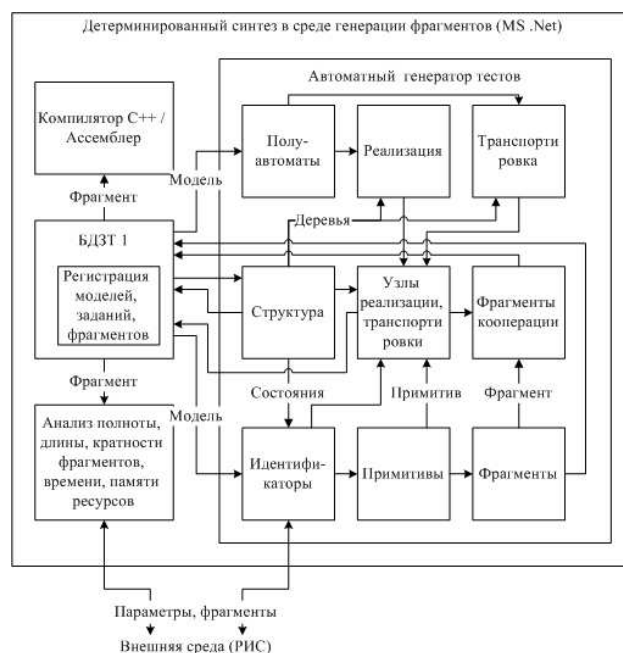


Рис. 1. Структура детерминированного генератора

Выявление в графах входов, выходов, цепочек (неветвящихся путей), деревьев, гамаков, контуров обратных связей, построение конденсации со свернутыми цепочками в дальнейшем упрощает как построение моделей, так и синтез тестов.

Следующий этап, применяя, в частности, специальные автоматы Рабина-Скотта, определяет для исходных автоматных моделей идентификаторы опорных состояний и тестовые примитивы на их основе, идентификаторы входных слов, входные и выходные полуавтоматы.

Результаты второго этапа позволяют на третьем этапе начать процессы, как активного или пассивного построения компонентных тестовых фрагментов, так и формирования узловых реализующих и транспортирующих деревьев, и с помощью последних определить узловые реализующие и транспортирующие полуавтоматы.

Четвертый этап, выполняемый на основе результатов второго и третьего этапов, определяет кооперативные, то есть реализуемые и транспортируемые идентификаторы, примитивы, фрагменты.

Все этапы выполняются с наложением с учетом предшествования – по мере получения на некоторых шагах промежуточных результатов одних этапов стартуют некоторые, получившие мандат исполнения, шаги последующих этапов. В соответствии с этим появляется возможность распределенного, параллельного, синхронизируемого событиями исполнения этапов.

Для всех получаемых исходных данных и результатов применяется соответственно априорная и апостериорная оценка значений критериев, определяющая ход синтеза поведенческих тестов, как условно-го эксперимента.

Реализация эволюционного генератора поведенческих тестов (агента или кооперации) также осуществляется в среде Visual .Net в соответствии со структурной схемой (см. рис. 2).

На начальном этапе на основе генетического программирования генерируется стартовая популяция генов и особей – идентификаторов, примитивов и фрагментов, которые далее начинают эволюцию. Качество идентификаторов, примитивов и фрагментов оценивается с помощью фитнес-функций. Последовательность операций и функций, определяющая очередные этапы, после начальной фитнес-функции включает соответственно функцию параметрического выбора, операции шаблонного иммунитета, многоточечного кроссинговера, параметрической мутации и вновь фитнес-функцию, также являющейся параметрической. Здесь параметрические свойства предполагают наличие двух составляющих псевдослучайной

внутренней и формализованной внешней, подчиняющейся внешнему закону коэволюции, старшей эволюции, среды, приоритет и вес этих составляющих динамические.

В процесс генерации тестовых фрагментов циклически включаются отдельные особи и их пары, кооперации особей, вся популяция, пока не будут достигнуты установленные значения представленных выше критериев поведенческого тестирования. Особенность эволюционной генерации – ее условность, где помимо возможности внешней параметрической настройки присутствует также возможность пропуска тех или иных операций и функций. Еще одно отличие – применение иммунитета, как механизма заготовки результатов – идентификаторов, примитивов, фрагментов.

Псевдослучайный целенаправленный поиск эволюционного генератора ориентирован на явное нахождение и включение во фрагменты непокрытых тестовых примитивов, а также формализованную, в основном детерминированную оценку полученных результатов, тем не менее, псевдослучайная составляющая поиска обуславливает целесообразность программного моделирования результатов в среде РИС (программно-физического эксперимента в реальной среде). В этой связи эволюция находит представление в среде программного моделирования MS Visual .Net. Здесь тестовые фрагменты, используемые в реальной РИС, представляются откомпилированным программным кодом на C++ или Assembler, а сами эволюционные программы используют функции библиотеки для связи с C++-объектами в процессе проектирования. Результаты такого моделирования предназначены для итоговой верификации получаемых поведенческих тестов.

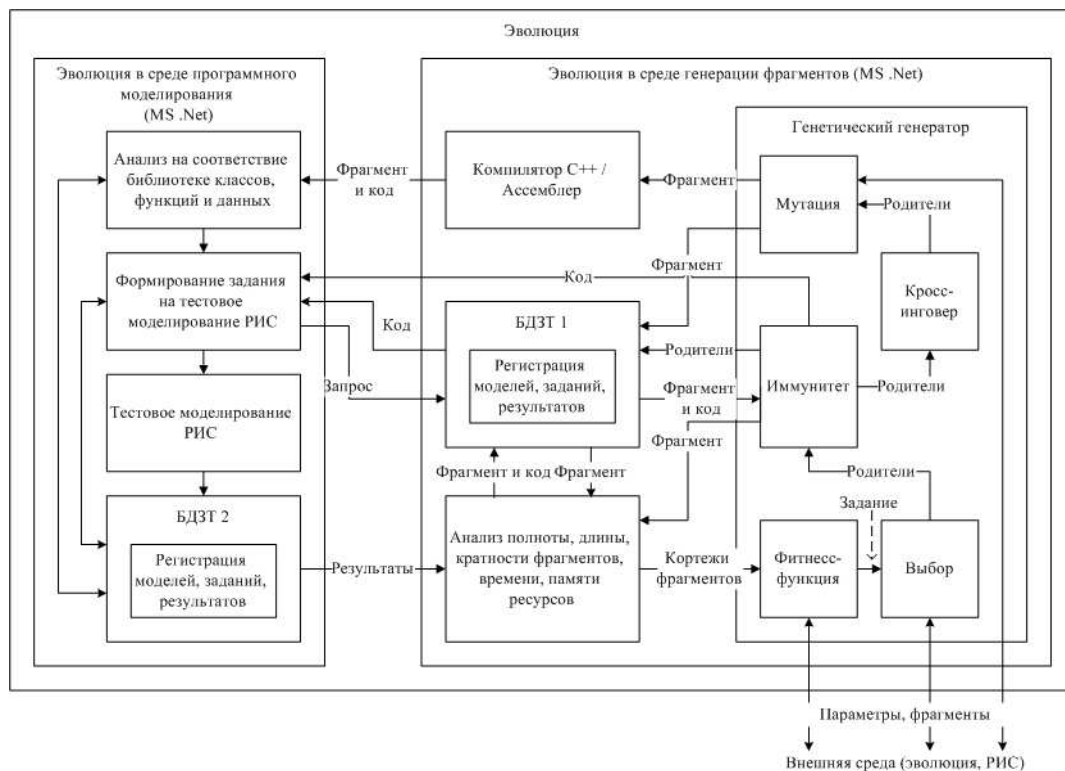


Рис. 2. Структура генератора эволюции и программного моделирования

Выводы

Предложенная в работе концептуальная модель двухуровневой мультиагентной системы поведенческого диагностирования за счет учета условий тестирования компонентов РИС позволяет выполнить распределенный синтез поведенческих тестов на основе детерминированных и эволюционных моделей и методов, а также реализовать их применение для рабочего и тестового контроля РИС.

Комбинированные методы кроме распараллеливания процессов тестирования в распределенной МАС позволяют повысить адекватность представления реальных РИС и, как следствие, повысить полноту контроля на 3-10 % при приемлемых вычислительных затратах уровня кластера лабораторной сети, используемого в фоновом режиме.

К достоинствам предложенной модели МАС поведенческого диагностирования можно отнести возможность ее применения как для рабочего, так и для тестового контроля РИС. Ограничивающая применение поведенческих тестов экспоненциальная сложность и размерность полиномиально понижаются за счет компонентной (РИС) и агентной (МАС) декомпозиции, что позволяет рассматривать компоненты и группы компонентов РИС.

Реализация концептуальной модели МАС, выполненная на структурно-функциональном и программно-алгоритмическом уровне в среде MS Visual .Net, показала целесообразность и возможность продолжения исследовательских и практических работ в данном направлении.

Список использованной литературы

1. Хаханов В. И. Проектирование и верификация цифровых систем на кристаллах. Verilog & System Verilog [Текст] : учебное пособие / В. И. Хаханов [и др.]. – Харьковский национальный ун-т радиоэлектроники. – Харьков : Новое слово, 2010. – 527 с.
2. Таненбаум Э. Распределенные системы. Принципы и парадигмы / Э. Таненбаум, М. ван Стеен. – СПб. : Питер, 2003. – 877 с. [Электронный ресурс] – Режим доступа : http://www.dut.edu.ua/uploads/l_690_13431669.pdf (дата доступа 27.09.2007).
3. Russell Stuart J. (Stuart Jonathan), and Peter Norvig. Artificial intelligence: a modern approach, Prentice-Hall, Inc. A Simon & Schuster Company Englewood Cliffs, New Jersey. 2010. – 1095 p. Electronic Resource Url: <http://www.pearsonhighered.com/educator/product/Artificial-Intelligence-A-Modern-Approach/9780136042594.page> (accessed 30.06.2010).
4. Бурдонов И. Б. Обзор подходов к верификации распределенных систем / И. Б. Бурдонов, А. С. Косачев, В. Н. Пономаренко, В. З. Шнитман [Электронный ресурс] – Режим доступа : Url: http://www.ispras.ru/preprints/docs/prep_16_2006.pdf (дата доступа 20.12.2006)
5. Кудрявцев В. Б. Анализ поведения автоматов / В. Б. Кудрявцев, И. С. Грунский, В. А. Козловский // Дискретная математика. – М. : РАН, Отделе-

ние математических наук. – 2009. – Том 21. – № 1. – С. 3 –35 [Электронный ресурс] – Режим доступа : Url: <http://intsys.msu.ru/magazine/archive/v10> (14)/grunskiy-345-448.pdf (дата доступа 19.03.2009).

6. Ломакина Л. С. Теория и практика структурного тестирования программных систем: Монография / Л. С. Ломакина, А. С. Базин, А. Н. Вигура, А. В. Киселев. – Воронеж : – 2013. Изд-во «Научная книга», – 220 с. [Электронный ресурс] – Режим доступа : Url: <http://www.sbook.ru/sbph/newbooks/835.pdf> (дата доступа 10.06.2014).

7. Скобцов Ю. А. Генетические алгоритмы в диагностике и проектировании цифровых схем / Ю. А. Скобцов, Д. Е. Иванов, В. Ю. Скобцов // Штучний інтелект – Донецький інститут прикладної математики і механіки НАН України. – Донецьк : – 2002. – Вип. 2. – С. 250 – 258 [Электронный ресурс] – Режим доступа : Url: http://iai.dn.ua/public/JournalAI_2002_2/Razdel1/35_Skobtsov.pdf (дата доступа 20.03.2002).

8. Бородавка Н. П. Распределенная архитектура как средство повышения надежности и живучести бортовых информационно-управляющих систем / Н. П. Бородавка, Б. В. Остроумов, Н. Ф. Сидоренко, В. В. Тарасенко, В. С. Харченко, С. Я. Яценко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – Харьков : – 2012. – № 6 (58). – С. 139 – 147 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : Url: <http://www.khai.edu/csp/nauchportal/Arhiv/REKS/2012/REKS612/Borodovk.pdf> (дата доступа 20.08.2012).

9. Мартынюк А. Н. Базовые модели прототипа системы синтеза тестов / А. Н. Мартынюк // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – Харьков. – 2007. – 8(27). – С.157 – 162 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : Url: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/recs_2007_8_29.pdf (дата доступа 10.09.2007).

10. Мартынюк А. Н. Сетевые автоматные модели синтеза тестов / А. Н. Мартынюк // Холодильна техніка і технологія. – Одеса : – 2007. Видавництво Одеської академії харчових технологій. – № 2 (106). – С. 94 – 97.

11. Сугак А. С. Эволюционная сетевая модель тестирования распределенных информационных систем / А. С. Сугак, А. Н. Мартынюк // Электротехнические и компьютерные системы. – Одесса. – 2014. – № 16 (92). – С. 71 – 77. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : Url: http://nbuv.gov.ua/jpdf/etks_2014_16_12.pdf (дата доступа 18.12.2014).

Получено 06.06.2015

References

1. Hahanov V.I. [et al.]. Proektirovanie i verifikatsiya tsifrovyykh sistem na kristallakh. Verilog & System Verilog: ucheb. posob., [Design and Verification of Digital Systems on Chips. Virology & System Virology], (2010), Studies Benefits, *Kharkov Nat. Univ. Radioelectronics, Kharkov, Ukraine, A New Word*, 527 p (In Russian).

2. Tanenbaum E., and M. van Stehen. Raspredele-
nie sistemi. Prinsipii i paradigmi [Distributed Systems.
The Principles and Paradigms], (2003), St.Peterburg,
Russian Federation, *Pitter*, 877 p (In Russian) Electronic
Resource. Available at:
Url: http://www.dut.edu.ua/uploads/1_690_13431669.pdf
(accessed 27.09.2007).

3. Russell Stuart J. (Stuart Jonathan), and Peter
Norvig, (2010), Artificial Intelligence: a Modern Ap-
proach, *Prentice-Hall, Inc. A Simon & Schuster Company
Englewood Cliffs*, New Jersey, 1095 p. (In English) Elec-
tronic Resource. Available at: Url:
<http://www.pearsonhighered.com/educator/product/Artificial-Intelligence-A-Modern-Approach/9780136042594.page> (accessed 30.06.2010).

4. Burdonov I.B., Kosachev A.S., Ponomarenko
V.N., and Schnitman V.Z. Obzor podhodov k verifikatsii
raspredelenih sistem [Review Approaches Verify-of Dis-
tributed Systems], (In Russian) Electronic resource.
Available at: Url:
http://www.ispras.ru/preprints/docs/prep_16_2006.pdf
(accessed 20.12.2006).

5. Kudryavtsev V.B., Grunskii I.S., and Kozlov-
skii V.A. Analiz Povedeniya Avtomatov [Automata Be-
havior Analysis], (2009), *Diskretnaya Matematika*, Mos-
cow, Russian Federation, *RAN, Otdelenie Matematich-
eskikh Nauk*, Vol. 21, No. 1, pp. 3 –35 (In Russian), Elec-
tronic Resource, Available at:
Url: [http://intsys.msu.ru/magazine/archive/v10\(1-4\)/grunskiy-345-448.pdf](http://intsys.msu.ru/magazine/archive/v10(1-4)/grunskiy-345-448.pdf) (accessed 19.03.2009).

6. Lomakina L.S., Bazin A.S., Vigura A.N., and
Kiselev A.V. Teoriya i praktika strukturnogo testirovani-
ya programnih sistem [Theory and Practice of Structure
Testing Program Systems]: Monograph, (2013), Voro-
nezh, Russian Federation, *Publishing House "Science
Book"*, 220 p. (In Russian). Electronic Resource Avail-
able at: Url: <http://www.sbook.ru/sbph/newbooks/835.pdf>
(accessed 10.06.2014).

7. Skobtsov Y.A., Ivanov D.E., and Skobtsov
V.Y. Geneticheskie algoritmi v diagnostike s proektiro-
vaniy tsifrovih shem [Genetic Algorithms in the Diagnosis
and Designing Digital Circuits], (2002), *Artificial Intel-
lect*, Donetsk, *Institute of Application Mathematics and
Mechanics NAS of Ukraine*, – 2002. – Vol. 2, pp. 250 –
258 (In Russian). Electronic Resource, Available at:
[http://iai.dn.ua/public/JournalAI_2002_2/Razdel1/35_Sko
btsov.pdf](http://iai.dn.ua/public/JournalAI_2002_2/Razdel1/35_Sko
btsov.pdf) (accessed 20.03.2002).

8. Borodavka N.P., Ostroumov B.V., Sidorenko
N.F., Tarasenko V.V., Kharchenko V.S., and Yatsenko
Y.A. Raspredelenaya arhitektura kak sredstvo povisheni-
ya nadejnosti I givutchesti bortovih informatsionno-
upravlyayushih sistem [Distributed Architecture as a
Means of Improving the Reliability and Survivability of
the Onboard Information and Control Systems], (2012),
Radioelektronni i Komp'yuterni Systems, Kharkov,
Ukraine, 2012. – No. 6 (58), pp.139 – 147. Electronic
Resource. Available at: Url:
[http://www.khai.edu/csp/nauchportal/Arhiv/REKS/2012/
REKS612/Borodovk.pdf](http://www.khai.edu/csp/nauchportal/Arhiv/REKS/2012/
REKS612/Borodovk.pdf) (accessed 20.08.2012).

9. Martynyuk A.N. Bazovie modeli prototipa sis-
temi sinteza testov [Base Models of Prototype for Test

Synthesis], (2007), Kharkiv, Ukraine, *Radioelectronic
and Computer Systems*, 2007. – 8(27), pp. 157 – 162 (In
Russian). Electronic Resource. Available at: Url:
http://nbuv.gov.ua/j-pdf/recs_2007_8_29.pdf (accessed
10.09.2007).

10. Martynyuk A.N. Setevye avtomatnye modeli
sintez testov [Network Automata Models for Test Syn-
thesis], (2007), *Kholodil'na Tekhnika i Tekhnologiya*, –
Odessa, Ukraine, *Vidv. Odesk .Akad. Harch. Tehnolog.*,
No. 2 (106), pp. 94 – 97 (In Russian).

11. Sugak A.S., and Martynyuk A.N. Evolyuzion-
naya setevaya model testirovaniya raspredelennih in-
formatsionnih system [Evolutionary Network Model of
Testing for Distributed Information Systems], (2014),
Elekrotehnicheskie i Kompyuternie System, Odessa,
Ukraine, *Izd. Nauka I tehnika*, No 16 (92), pp. 71 – 77 (In
Russian).

Electronic Resource. Available at: Url:[http://nbuv.gov.ua/j-
pdf/etks_2014_16_12.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/etks_2014_16_12.pdf) (accessed 18.12.2014).



Сугак
Анна Сергеевна;
аспирант кафедры компьютер-
ных интеллектуальных систем и
сетей Одесского нац. политех-
нического ун-та,
тел.: +38(093) 705-15-93.
E-mail:
sygach.anna@mail.ru



Мартынюк
Александр Николаевич,
канд. техн. наук, доцент каф.
компьютерных интеллектуаль-
ных систем и сетей Одесского
нац. политехнического ун-та,
тел.: +38(067) 489-81-69.
E-mail:
anmartynyuk@ukr.net