**Резюме проекта, выполняемого в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы**

по этапу № 1

Номер соглашения: 14.B37.21.0598

Тема: Теоретические основы и методы использования распределенных и высокопроизводительных вычислительных систем для решения дискретных оптимизационных задач

Приоритетное направление: Распределенные и высокопроизводительные вычислительные системы

Критическая технология: нет

Период выполнения: 17.08.2012 – 15.11.2013

Плановое финансирование проекта: 1,7 млн. руб.

Бюджетные средства: 1,7 млн. руб.

Внебюджетные средства: нет

Исполнитель: ЮЗГУ

Ключевые слова: параллельные вычисления, проектирование мультисистем

1. **Цель исследования**

1.1. Основной проблемой является снижение аппаратной сложности однородных многомодульных систем (мультисистемы, в том числе логические мультиконтроллеры, вычислительные системы высокой готовности на базе ПЛИС) и повышение их быстродействия за счет совершенствования аппаратно-алгоритмического обеспечения, используемого при их проектировании, и его ориентацию на использование параллельных вычислений.

1.2. Целью проекта является разработка аппаратно-алгоритмического обеспечения для проектирования мультисистем и систем высокой готовности на базе ПЛИС, позволяющего повысить качество проектирования указанных систем за счет оптимизации частных показателей качества и использования параллельных и распределенных вычислительных систем и специализированных вычислительных средств, позволяющих осуществить перебор большего числа частных решений за ограниченное время с выбором наилучшего из них. Рекомендации, сформулированные для разработчиков мультисистем, получены на базе экспериментов, проведенных на грид-системе, обозначают области преимущественной применимости эвристических методов, целью которых является получение лучших решений за ограниченное время.

1. **Основные результаты проекта**

2.1. Краткое описание основных полученных результатов.

- проведена программная оптимизация эвристических методов синтеза разбиений параллельных алгоритмов логического управления, в результате которой выполнен анализ узких мест программных реализаций методов и выработаны рекомендации по их устранению, в результате применения которых в 30 раз снижены временные затраты на синтеза разбиения с использованием параллельно-последовательного метода и в 2,7 раза – метода С.И. Баранова с жадным последовательным формированием блоков разбиения, выполняемые в рамках среды PAE;

- предложены метод и алгоритм планирования топологии ПЛИС в системах высокой готовности, позволяющие существенно снизить время на нахождение решения за счет ограничения мощности допустимых перестановок;

- предложена структурно-функциональная организация специализированного вычислительного устройства для планирования топологии ПЛИС, позволяющего сокращение времени отыскания решения за счет переноса наиболее трудоемких операций с программного уровня на аппаратный;

- получены результаты качественного и количественного сопоставления качества разбиений параллельных алгоритмов логического управления, получаемых при использовании различных эвристических методов в составе программной системы PAE;

- сформулированы рекомендации для разработчиков аппаратной части мультисистем, заключающиеся в обозначении зон преимущественного использования эвристических методов синтеза разбиений, позволяющих повысить качественные показатели проектируемых мультисистем;

- получены границы кривых показателей качества в пространстве ограничений, позволяющие сформулировать предельные значения технологических ограничений для используемого эвристического метода синтеза разбиений;

- предложен алгоритм проверки изоморфизма графов общего вида как частной подзадачи при использовании параллельно-последовательного метода, в ходе вычислительного эксперимента показана его корректность путем построения множества классов эквивалентности для неориентированных графов из 4 вершин.

2.3. Описание новизны научных результатов.

- в ходе программной алгоритмической оптимизации получены новые частные алгоритмы преобразований в рамках методов и подходов к синтезу разбиений, а также их программные реализации, отличающиеся меньшим временем получения решений по сравнению с известными аналогами;

- предложен алгоритм планирования топологии ПЛИС, отличающийся применением целенаправленных перестановок на основе анализа матрицы цепей;

- разработана структурно-функциональная организация специализированного вычислительного устройства, отличающаяся расширением функциональных возможностей на класс проектируемых систем высокой готовности на базе ПЛИС;

- получены новые более полные и более детализированные результаты сравнения эвристических методов синтеза разбиений, отличающиеся одновременным изменением двух координат пространства технологических ограничений;

- впервые сформулированы рекомендации для разработчиков аппаратной части систем логического управления в базисе логических мультиконтроллеров, отталкивающиеся от синтеза разбиений граф-схем параллельных алгоритмов;

- впервые реализованы вычислительные эксперименты, целью которых является анализ эффективности проектирования систем логического управления в базисе логических мультиконтроллеров с использованием инструментария программной системы PAE;

- впервые получены границы срезов областей пространства ограничений для используемых в рамках программной системы PAE эвристических методов;

- предложен алгоритм построения предположительно полного инварианта для неориентированных графов общего вида, отличающийся от известных выбором начальной окрестности, построение группы волн и анализом пар вершин на стыке смежных окрестностей.

2.4. Сопоставление с результатами аналогичных работ мирового уровня.

- выполненная в ходе алгоритмической оптимизации программная реализация этапов методов синтеза разбиений параллельных граф-схем алгоритмов с использованных сформулированных и доказанных ранее особых свойств R-выражений подтверждает состоятельность предложенного подхода и верность теоретических положений, проведенных в ходе масштабного вычислительного эксперимента с использованием грид, что является важным фундаментальным результатом и может найти практическое применение при анализе подкласса граф-схем параллельных алгоритмов;

- предложен полиномиальный алгоритм формирования предположительно полного инварианта неориентированного графа общего вида, претендующий на решение известной проблемы проверки изоморфизма графов общего вида.

1. **Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках исследования**

Изобретение заявка № 2012148209 от 14.11.2012 «Подход планирования топологии логических интегральных схем и устройство для его реализации», РФ

1. **Назначение и область применения результатов проекта**

4.1. Описание областей применения полученных результатов.

Полученные результаты могут найти применение при разработке более эффективных мультисистем, в том числе параллельных систем логического управления и систем высокой готовности; предложенные подходы могут быть использованы при решении многокритериальных дискретных оптимизационных задач с использованием итерационных методов и различных параллельных вычислительных средств; полученные результаты используются в учебном процессе кафедры вычислительной техники Юго-Западного государственного университета при проектировании специализированных параллельных вычислительных средств и разработке программного обеспечения для них; сформулированные для разработчиком аппаратной части мультисистем рекомендации могут быть полезны инженерным работникам, занимающимся проектированием параллельных управляющих систем.

4.2. Описание направлений практического внедрения полученных результатов или перспектив их использования.

- создание эффективных систем логического управления и систем высокой готовности на базе ПЛИС;

- разработка аппаратно-алгоритмического обеспечения систем сквозного проектирования мультисистем;

- оценка возможности и перспектив использования параллельных вычислений для решения многокритериальных дискретных оптимизационных задач.

4.3. Оценка или прогноз влияния полученных результатов на развитие научно-технических и технологических направлений; на разработку новых технических решений; на изменение структуры производства и потребления товаров и услуг в соответствующих секторах рынка и социальной сферы.

- развития параллельных вычислений в России;

- снижение вычислительных затрат на ряд преобразований графов и подкласса граф-схем параллельных алгоритмов, расширяющих их сферу применения на практике;

- более широкое использование на практике систем логического управления и систем высокой готовности за счет снижение временных затрат на их разработку и отыскания более эффективных подходов к их проектированию с использованием разработанных аппаратно-алгоритмических средств;

- развитие микроэлектроники в России путем создания теоретической базы для практического использования параллельных мультисистем в составе отечественных электронных устройств.

1. **Эффекты от внедрения результатов проекта**

Повышение производительности труда инженерных работников, занятых в сфере проектирования систем логического управления, за счет использования разработанных эффективных аппаратно-программных средств.

1. **Формы и объемы коммерциализации результатов проекта**

6.1. Коммерциализация проектом не предусмотрена

6.2. Эффективные системы логического управления в базисе логических мультиконтроллеров и системы высокой готовности, эффективные системы проектирования мультисистем.

Зав. кафедрой ВТ,

д.т.н., проф. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ / Титов В.С. /