

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курейчик В.В., Сороколетов П.В. Концептуальная модель представления решений в генетических алгоритмах // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – № 9 (86). – С. 7-12.
2. Бакало М.А., Курейчик В.В. Модифицированный алгоритм размещения методом парных перестановок // Известия ТРТУ. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР». 2007. – С. 77-84.
3. Курейчик В.В., Курейчик В.М., Генетический алгоритм размещения графа // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2000. – № 5. – С. 67-74
4. Курейчик В.М., Лебедев Б.К., Лебедев О.Б. Решение задачи размещения на основе эволюционного моделирования // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2007. – № 4. – С. 78-90.
5. Глазков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М., Сороколетов П.В. Биоинспирированные методы в оптимизации. – М.: Физматлит, 2009.

Курейчик Владимир Викторович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: vkur@tsure.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634383451.

Кафедра систем автоматизированного проектирования; заведующий кафедрой, профессор.

Kureichik Vladimir Viktorovich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: vkur@tsure.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634383451.

The Department of Computer Aided Design; head the Department; professor.

Бушин Сергей Алексеевич

ООО «Астор-Трейд», г. Москва

E-mail: sergey@incotex.ru

105484, г. Москва, ул. 16-я Парковая, 26.

Тел.: 84954684334.

Начальник конструкторского отдела.

Bushin Sergey Alekseevich

«Astor-Trade» Company.

E-mail: sergey@incotex.ru.

16 Parkovaya Street, 26, Moscow, 105484, Russia.

Phone: 84954684334.

Head of the design apparatus department.

УДК 004.386

В.В. Бегляров, А.Н. Берёза, М.В. Ляшов

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ ГИБРИДНЫХ
ЭВОЛЮЦИОННЫХ АППАРАТНЫХ СИСТЕМ**

В статье приведен аналитический обзор реконфигурируемых гибридных эволюционных аппаратных систем. Рассмотрена классификация параллельных генетических алгоритмов, являющихся основой эволюционных аппаратных систем. Приведена структурная схема реконфигурируемой эволюционной системы для реализации на ПЛИС.

Генетический алгоритм; бионические системы; гибридные системы; эволюционные аппаратные средства; эволюционная электроника; реконфигурируемые интеллектуальные системы.

V.V. Begliyrov, A.N. Bereza, M.V. Liyshov

ANALYTICAL REVIEW OF HYBRID EVOLUTION RECONFIGURABLE HARDWARE SYSTEMS

In article is considered the review of reconfigurable hybrid evolutionary hardware and classification of the parallel genetic algorithm being a basis of evolutionary hardware. Adduce the block diagram reconfigurable hybrid evolutionary system for realization on FPGA.

Genetic algorithm; hybrid system; evolutionary hardware; evolutionary electronics; reconfigurable intellectual systems.

Введение. Эволюционные аппаратные системы (ЭАС) – это новый тип аппаратных систем, который включает в себя реконфигурируемые и автономные системы, искусственный интеллект, а также эволюционные алгоритмы (ЭА). Основная особенность ЭАС – возможность изменения архитектуры системы в зависимости от внешних условий. В основе ЭАС лежат эволюционные алгоритмы – методология поиска решений для получения соответствующей архитектуры. В качестве аппаратной платформы при создании ЭАС выступают реконфигурируемые устройства.

Эволюционные аппаратные средства имеют следующие особенности:

- ◆ система эволюционирует, а не разрабатывается;
- ◆ может получиться не оптимальное решение, но пригодное для поставленной задачи;
- ◆ адаптивность к внешним изменениям.

ЭАС разделяются на внешний и внутренний типы используемого эволюционного моделирования. Внешний тип предполагает отделение эволюционного процесса от аппаратной части. Архитектура или принципиальная схема создается вначале на компьютере с помощью эволюционных алгоритмов и затем переносится на реконфигурируемую платформу. Внутренний тип означает, что развитие и оценка найденных решений выполняются на аппаратном уровне и система может работать автономно.

Гибридные эволюционные аппаратные системы (ГЭАС) – это аппаратные системы, которые получаются в результате объединения компонентов мягких вычислений, таких как нейронные сети, генетические алгоритмы и элементы нечеткой логики. В последние годы этой теме уделяется большое внимание [1-6]. Недостатки одних компенсируются достоинствами других, при этом ГЭАС позволяют получать лучшие результаты. Несмотря на большое количество разработанных методов и алгоритмов гибридных мягких вычислений в виде программных продуктов, недостаточно внимания уделялось их аппаратной реализации. Достижения современной микроэлектроники позволяют создавать аппаратные модули, реализующие алгоритмы мягких вычислений, которые могут быть составными частями современных информационных систем. Одними из таких систем являются современные системы автоматизированного проектирования (САПР) [7,8]. Основная тенденция развития САПР – это интеллектуализация. Интеллектуальные процедуры и алгоритмы могут встраиваться как в программные, так и в аппаратные компоненты САПР, для расширения их функций и увеличения эффективности. Применение аппаратных модулей позволит значительно увеличить производительность САПР в целом и, соответственно, ставить и решать более масштабные задачи.

Параллельные генетические алгоритмы. Основой ГЭАС является генетический алгоритм. Генетические алгоритмы (ГА) – эффективные методы поиска, основанные на принципах естественного отбора и генетики. Они пытаются найти оптимальное решение задачи, управляя популяцией альтернативных решений. Популяция оценивается, и лучшие решения отбираются для формирования следующего поколения. После нескольких поколений, хорошие признаки доминируют в популяции, в результате повышая качество решений. ГА успешно применяются для нахождения квазиоптимальных решений в различных задачах, где классические методы оказываются неэффективными. Для типичной ГЭАС длина хромосомы может достигать сотни и даже тысячи генов, и место поиска будет очень большим (проклятие размерности). Поэтому поиск решения с применением ГА может занимать достаточно большое время. Исследователи делали немало попыток для ускорения работы ГА [9-12]. Самым перспективным является параллельное исполнение ГА [13].

Параллельные ГА классифицируются на три главных типа [14]:

1. Глобальные однопопуляционные «мастер-помощник» ГА (master-slave GAs).
2. Однопопуляционные мелкозернистые ГА (fine-grained GAs).
3. Многопопуляционные крупнозернистые ГА (coarse-grained GAs).

В ГА «мастер-помощник» существует одна популяция, но оценка функции фитнеса распределена среди нескольких процессоров. Мелкозернистые ГА состоят из одной пространственно-структурированной популяции. Селекция и скрещивание ограничены маленьким соседством, но соседи перекрывают допущение некоторого взаимодействия среди всех индивидуумов.

Многопопуляционные – более сложные ГА, так как они состоят из нескольких подпопуляций, которые периодически обмениваются индивидуумами. Этот обмен индивидуумами называется миграцией и управляется несколькими параметрами.

Аппаратная реализация ГЭАС. Среди известных решений аппаратной реализации гибридных эволюционных аппаратных систем следует отметить следующие:

- ◆ генетические нечеткие контроллеры для автономных мобильных роботов, способных самостоятельно ориентироваться на местности [3-5];
- ◆ устройства эволюционного синтеза цифровых конечных автоматов для различных систем управления техническими и технологическими объектами [4];
- ◆ аппаратные эволюционные нейронные сети для интеллектуальных систем обработки информации [5];
- ◆ реконфигурируемый эволюционный нечеткий контроллер для коммутации пакетов в сетях передачи данных [3].

На сегодняшний день можно выделить три основных направления аппаратной реализации ГЭАС:

1. ЭАС строятся на базе каскадного соединения универсальных RISC или CISC микропроцессоров. Такие устройства относятся к эмуляторам, так как алгоритмы, моделирующие эволюцию, выполняются на программном уровне. Основной недостаток таких систем – это относительно невысокое быстродействие и, как следствие, ограниченный круг их применения.

2. ЭАС на основе специализированных процессоров. Функционально законченные системы, реализованные по этому направлению, относятся к нейрокомпьютерам, нечетким компьютерам и т.п., так как все операции выполняются в специальном логическом базисе. Основным недостатком таких систем – это сложность создания специализированных процессоров и, как следствие, их высокая стоимость.
3. ЭАС на базе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС). Спецвычислители реализуются в виде плат расширения стандартных вычислительных систем и называются аппаратными ускорителями.

Основными преимуществами ПЛИС для реализации гибридных эволюционных аппаратных систем являются:

- 1) высокое быстродействие. Современные ПЛИС работают на частотах более 500 МГц, и выполняются с технологическими нормами до 40 нм;
- 2) возможность аппаратной реализации параллельных алгоритмов;
- 3) возможность перепрограммирования в системе (In-system reprogrammable);
- 4) возможность реализации скоростных интерфейсов обмена данными;
- 5) наличие библиотек IP-ядер, описывающих сложные алгоритмы.

Непосредственная реализация архитектуры ГЭАС на ПЛИС имеет следующие достоинства:

- ◆ высокая параллельность обработки данных;
- ◆ возможность реализации любой топологии сети межсоединений;
- ◆ реконфигурируемость архитектуры на аппаратном уровне.

Недостатками этого решения являются:

- ◆ отсутствие готовых решений;
- ◆ высокая схемотехническая сложность реализации отдельного функционального блока.

Аппаратные ускорители. Одно из перспективных направлений использования ГЭАС – их применение в качестве аппаратных ускорителей в составе интеллектуальных систем обработки информации (рис. 1).

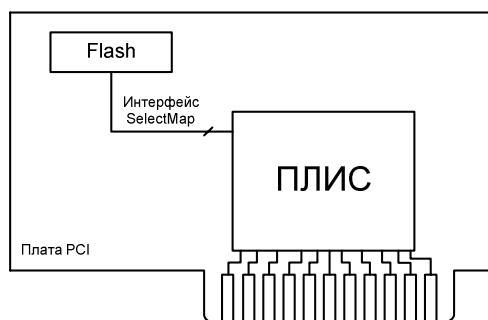


Рис. 1. Плата реконфигурируемого аппаратного ускорителя

Плата реконфигурируемого аппаратного ускорителя (см. рис. 1) содержит два главных компонента ПЛИС и микросхему Flash памяти. Программируемая логическая интегральная схема расположена близко к контактным площадкам интерфейса PCI, согласно требованиям спецификации для длин сигнальных линий. Flash память содержит конфигурационные данные ядра шины PCI и контроллера реконфигурации.

Использование одной ПЛИС вместо нескольких освобождает проектировщика от создания спецификации протокола связи между микросхемами и разбиения проекта на части.

На рис. 2 показано разбиение ПЛИС на две части – фиксированная и реконфигурируемая. Фиксированная часть содержит ядро контроллера шины PCI и контроллер реконфигурации. Конфигурационные данные этой части содержатся во внешней Flash-памяти и передаются в ПЛИС на начальном этапе загрузки компьютера. Реконфигурируемая часть динамически формируется согласно выполняемому алгоритму через шину PCI. Обе части связаны шиной BusMaster. Контроллер реконфигурации использует порт ICAP ПЛИС для загрузки конфигурационных данных.

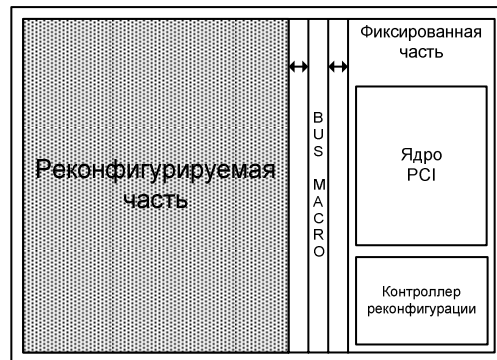


Рис. 2. Разбиение ПЛИС

Интерфейс PCI используется для передачи конфигурационных данных реконфигурируемой части, а также для обмена данными между ускорителем и программным обеспечением.

Структурная схема ГЭАС для реализации на ПЛИС показана на рис. 3.

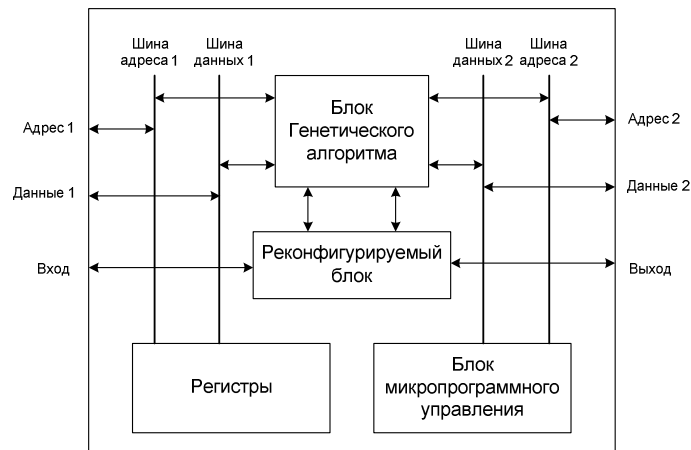


Рис. 3. Структурная схема ГЭАС

Блок генетического алгоритма выполняет генетический поиск решения на функционально-логическом уровне проектирования для реконфигурируемого блока. Инициализация генетического алгоритма происходит в блоке микропрограммного управления. Промежуточные хромосомы хранятся в блоке регистров.

Выводы. Постоянное увеличение, согласно закону Мура, количества транзисторов на кристалле СБИС ставит перед проектировщиками и создателями систем автоматизированного проектирования все более сложные задачи, которые должны решаться в сжатые сроки. Применение методов эволюционного поиска в системах автоматизированного проектирования микроэлектронных средств позволит находить квазиоптимальные решения задач, которые являются труднорешаемыми для классических методов. Использование аппаратного ускорения для процедур эволюционного поиска позволит значительно увеличить производительность создаваемых ИСАПР. В дальнейшем планируется создание аппаратного ускорителя для увеличения быстродействия процедур эволюционного моделирования в электронных САПР.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Nedjah N.* Evolvable Machines: Theory and Practice. Studies in Fuzziness and Soft Computing, Volume 161/ N. Nedjah. – 2004. – 260 p.
2. *Garrison W.* Introduction to Evolvable Hardware: A Practical Guide for Designing Self-Adaptive Systems // IEEE Press Series on Computational Intelligence. – 2006. – 208 p.
3. *Higuch, T.* Evolvable Hardware [Текст] / T. Higuchi, Y. Liu, X. Yao. – 2006. – 224 p.
4. *Yao X., Higuchi T.* Promises and Challenges of Evolvable Hardware // IEEE Trans on Syst., Man and Cybern., Part C, Applications and Reviews, vol.29, no.1, pp: 87-97, Feb. 1999.
5. *Gordon T.* On Evolvable Hardware // In Ovaska, S. and Sztandera, L. (Ed.) Soft Computing in Industrial Electronics. Physica-Verlag, Heidelberg, Germany. – 2002. – P. 279-323.
6. *Iwata M.* Implementation of a Gate-Level Evolvable Hardware Chip // 10 (ICES2001). – P. 38-49, Springer Verlag, 2001.
7. *Норенков И.П.* Основы автоматизированного проектирования // Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 336 с.
8. *Казённов Г.Г.* Основы проектирования интегральных схем и систем // Лаборатория знаний. – М.: БИНОМ, 2005. – 295 с.
9. *Hauser R.* Implementation of standard genetic algorithm on MIMD machines // Parallel Problem Solving from Nature, PPSN III, P. 504-513, Springer-Verlag (Berlin), 1994.
10. *Grosso P.B.* Computer simulations of genetic adaptation.Parallel subcomponent interaction in a multilocus model : Unpublished doctoral dissertation // The University of Michigan, 1985.
11. *Cohon J.P.* Genetic Algorithms and punctuated Equilibria in VLSI // In SCHWEFEL H.-P., MÄNNER R., Eds., Parallel Problem Solving from Nature, p. 134-144, Springer-Verlag (Berlin), 1991.
12. *Tanese R.* Distributed genetic algorithms // In SCHAFFER J. D., Ed., Proceedings of the Third International Conference on Genetic Algorithms, p. 434-439, Morgan Kaufmann (San Mateo, CA), 1989.
13. *Adamidis P.* Review of parallel genetic algorithms bibliography // Tech. rep. version 1, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece, 1994.
14. *Lin S.-C.* Coarse-Grain Parallel Genetic Algorithms: Categorization and New Approach // In Sixth IEEE Symposium on Parallel and Distributed Processing, IEEE Computer Society Press (Los Alamitos, CA), October 1994.

Бегляров Вадим Валерьевич

Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса.

E-mail: TorBWW@yandex.ru.

346500, г. Шахты, ул. Шевченко, д. 147.

Тел.: 89081760312.

Кафедра информационных систем и радиотехники; аспирант.

Begliyrov Vadim Valeryevich

South Russian State University of Economics and Service.

E-mail: TorBWW@yandex.ru.

147, Shevchenko street, Shakhty, 346500, Russia.

Phone: 89081760312.

Department of Information Systems & Radio Engineering; postgraduate student.

Берёза Андрей Николаевич

Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса.

E-mail: anbirch@mail.ru.

346500, г. Шахты, ул. Шевченко д. 147.

Тел.: 89281574449.

Кафедра информатики ВИС ЮРГУЭС; заведующий кафедрой; доцент.

Bereza Andrew Nikolayevich

South Russian State University of Economics and Service.

E-mail: anbirch@mail.ru.

147, Shevchenko street, Shakhty, 346500, Russia.

Phone: 89281574449.

Head the Department; associate professor.

Ляшов Максим Васильевич

Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса.

E-mail: max185@mail.ru.

346500, г. Шахты, ул. Шевченко, д. 147.

Тел.: 89604591974.

Кафедра информационных систем и радиотехники; аспирант.

Liyshov Maxim Vasilyevich

South Russian State University of Economics and Service.

E-mail: max185@mail.ru.

147, Shevchenko street, Shakhty, 346500, Russia.

Phone: 89604591974.

Department of Information Systems & Radio Engineering; postgraduate student.

УДК 681.3.001.63

О.Б. Лебедев

ПОКРЫТИЕ НА ОСНОВЕ МЕТОДА МУРАВЬИНОЙ КОЛОНИИ*

Предлагаются новые технологии, принципы и механизмы решения задачи покрытия, использующие математические методы, в которых заложены принципы природных механизмов принятия решений. Для компактного представления решения задачи покрытия используется матрица граничных требований. Это позволило организовать пространство решений, в рамках которого организован поисковый процесс, базирующийся на моделировании адаптивного поведения муравьиной колонии. По сравнению с существующими алгоритмами достигнуто улучшение результатов.

Покрытие; муравьиная колония; оптимизация.

O.B. Lebedev

COVERING ON THE BASIS OF THE METHOD OF THE ANT COLONY

New technologies, principles and mechanisms of the decision of a problem the coverings using mathematical methods in which principles of natural mechanisms of decision-making are put in pawn are offered. For compact representation of the decision of a problem of a covering the matrix of boundary requirements is used. It has allowed to organize space of decisions in which

* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (грант № 09-01-00509), г/б № 2.1.2.1652.