

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Национальный исследовательский Томский государственный университет
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
Болгарская Академия наук
ООО «ЛИТТ»

ИННОВАТИКА-2016

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

**XII Международной школы-конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых
20–22 апреля 2016 г.
г. Томск, Россия**

Под ред. А.Н. Солдатова, С.Л. Минькова

Scientific & Technical Translations



ИЗДАТЕЛЬСТВО

Томск – 2016

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕСТРАИВАЕМЫХ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕД**

Д.В. Шашев

*Национальный исследовательский Томский государственный университет
e-mail: dshashev@mail.ru*

**MATHEMATICAL MODELING AND SIMULATION
OF RECONFIGURABLE COMPUTING ENVIRONMENTS**

D.V. Shashev

National Research Tomsk State University

In this report, the author describes the simulation of high-performance computing systems based on homogeneous computing environments. It also describes the use of these systems in the digital image processing.

Keywords: reconfigurable computing environments, high-performance computing systems, digital image processing, mathematical model, simulation.

Математическое и имитационное моделирование – ключевой инструмент в разработке и фундаментальных исследованиях сложных систем.

Математическое моделирование (ММ) – процесс установления соответствия реальной системе некоторой математической модели и исследования этой модели, позволяющий получить характеристики этой системы [1].

Имитационное моделирование (ИМ) – метод конструирования модели реальной системы и постановки экспериментов на этой модели с целью исследовать её поведение либо оценить различные стратегии, обеспечивающие функционирование данной системы [1]. Достижения и прогресс настоящего времени в области вычислительных систем позволяет эффективно проводить ИМ систем любой сложности, используя производительные компьютеры и специализированное программное обеспечение.

MATLAB и Simulink (программные продукты компании Mathworks) в комплексе представляют собой средство математического и имитационного моделирования, обеспечивающее проведение исследований практически во всех областях науки и техники. Данные программные продукты были эффективно использованы для разработки и построения моделей, а также проведения ИМ, *перестраиваемых вычислительных сред* (ПВС), специализированных для высокоскоростного выполнения алгоритмов цифровой обработки изображений.

ПВС – дискретная математическая модель высокопроизводительной вычислительной системы, состоящей из одинаковых и одинаково соединенных друг с другом *элементарных вычислителей* (ЭВ), программно настраиваемых на выполнение любой функции из полного набора логических функций, памяти и любого соединения со своими соседями. Более подробно с ПВС и их применениями можно ознакомиться в работе [2].

Для выполнения с помощью ПВС морфологических операций «Сужение» и «Расширение» полутоновых изображений [3] была разработана математическая модель работы ЭВ, которая описывается следующей системой логических функций (1).

$$\left\{ \begin{array}{l}
 R(a, b) = (\overline{a^n b^n \vee a^n \vee b^n}) \cdot (\overline{a^{n-1} b^{n-1} \vee a^{n-1} \vee b^{n-1}}) \cdot \\
 \quad \cdot (\overline{a^{n-2} b^{n-2} \vee a^{n-2} \vee b^{n-2}}) \cdot \dots \cdot (\overline{a^1 b^1 \vee a^1 \vee b^1}), \\
 B(a, b) = \overline{a^n b^n \vee (a^{n-1} \overline{b^{n-1}} \cdot (a^n b^n \vee a^n \vee b^n)) \vee} \\
 \quad \vee (\overline{a^{n-2} \overline{b^{n-2}} \cdot (a^n b^n \vee a^n \vee b^n)} \cdot (\overline{a^{n-1} b^{n-1} \vee a^{n-1} \vee b^{n-1}})) \vee \\
 \quad \vee \dots \vee (\overline{a^1 \overline{b^1}} \cdot (\overline{a^n b^n \vee a^n \vee b^n)} \cdot (\overline{a^{n-1} b^{n-1} \vee a^{n-1} \vee b^{n-1}}) \cdot \\
 \quad \cdot \dots \cdot (\overline{a^2 b^2 \vee a^2 \vee b^2})), \\
 M(a, b) = \overline{a^n b^n \vee (a^{n-1} \overline{b^{n-1}} \cdot (a^n b^n \vee a^n \vee b^n)) \vee} \\
 \quad \vee (\overline{a^{n-2} \overline{b^{n-2}} \cdot (a^n b^n \vee a^n \vee b^n)} \cdot (\overline{a^{n-1} b^{n-1} \vee a^{n-1} \vee b^{n-1}})) \vee \\
 \quad \vee \dots \vee (\overline{a^1 \overline{b^1}} \cdot (\overline{a^n b^n \vee a^n \vee b^n)} \cdot (\overline{a^{n-1} b^{n-1} \vee a^{n-1} \vee b^{n-1}}) \cdot \\
 \quad \cdot \dots \cdot (\overline{a^2 b^2 \vee a^2 \vee b^2})), \\
 D^i(a, b) = (b^i \cdot (R(a, b)) \vee (a^i \cdot (B(a, b)) \vee (b^i \cdot (M(a, b))), \\
 \max(a, b) = [D^n(a, b) \ D^{n-1}(a, b) \ \dots \ D^{n-i}(a, b) \ \dots \ D^1(a, b)], \\
 E^i(a, b) = (b^i \cdot (R(a, b)) \vee (b^i \cdot (B(a, b)) \vee (a^i \cdot (M(a, b))), \\
 \min(a, b) = [E^n(a, b) \ E^{n-1}(a, b) \ \dots \ E^{n-i}(a, b) \ \dots \ E^1(a, b)], \\
 f_1 = \max(\max(\max(\max(y_1, y_2), \max(y_3, y_4)), \\
 \quad \max(\max(y_5, y_6), \max(y_7, y_8))), x), \\
 f_2 = \min(\min(\min(\min(y_1, y_2), \min(y_3, y_4)), \\
 \quad \min(\min(y_5, y_6), \min(y_7, y_8))), x).
 \end{array} \right. \quad (1)$$

Суть системы логических функций заключается в том, что на вход каждого ЭВ в ПВС поступает девять восьмиразрядных двоичных числа $y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8, x$. В случае выполнения операции «Расширение» на выходе ЭВ будет выполняться функция f_1 , в результате чего получим наибольшее из девяти чисел, а в случае выполнения операции «Сужение» – f_2 , в результате чего получим наименьшее из девяти чисел.

В Simulink при помощи блок-диаграмм и направленных графов была создана имитационная модель ЭВ, выполняющая систему логических функций (1).

Данная комбинационная логическая схема создана из Simulink-блоков логических функций И, ИЛИ, НЕ. На рис. 1 ЭВ имеет настроечный вход z , при помощи которого ЭВ настраивается на выполнение операции «Расширение» (подаем на выход логическую 1) или «Сужение» (подаем на выход логический 0).

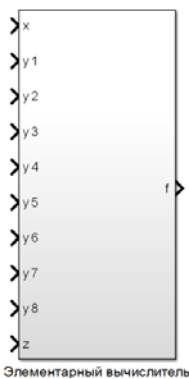


Рис. 1. Имитационная модель элементарного вычислителя ПВС

Таким образом, из имитационных моделей ЭВ строится имитационная модель необходимой ПВС. Используя набор тестовых изображений, а также дополнительные возможности Simulink в области работы с изображениями, можно провести ИМ ПВС, проверив корректность ее работы, путем сравнения полученного результата с результатами работы тех же морфологических операций, но представленных непосредственно в Simulink. Более подробно с ПВС и их эффективностью работы с изображениями можно ознакомиться в [4, 5].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-37-00082 мол_а.

Литература

1. Аносов В.Л., В.Н. Черномаз. Учебное пособие по курсу «Имитационное моделирование» для студентов специальностей 7.050102 «Экономическая кибернетика» и 7.080404 «Интеллектуальные системы принятия решений». Краматорск: ДГМА, 2007. 156 с.
2. Шидловский С.В. Автоматическое управление. Реконфигурируемые системы: учеб. пособие. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2010. 168 с.
3. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений /пер. с англ. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.
4. Шашев Д.В., Шидловский С.В. Морфологическая обработка бинарных изображений на базе перестраиваемых вычислительных сред // Автометрия. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2015. Т. 51. № 3. С.19-26.
5. Шашев Д.В., Шидловский С.В., Сырякин В.И. Реализация перестраиваемой вычислительной среды для выполнения операций морфологической обработки полутонового изображения // Телекоммуникации. М.: Наука и технологии, 2015. №9. С.34-38.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ВОЛНЫ ИОНИЗАЦИИ В АКТИВНОЙ СРЕДЕ ЛАЗЕРОВ НА ПАРАХ МЕТАЛЛОВ

Н.Н. Юдин, Б.В. Дорошенко

*Национальный исследовательский Томский государственный университет
e-mail: rach3@yandex.ru*

MODELING OF THE FORMATION PROCESS OF HIGH-SPEED IONIZATION WAVES IN THE ACTIVE MEDIUM OF METAL VAPOR LASERS

N.N. Yudin, B.V. Doroshenko

National Research Tomsk State University

Electrophysical approach was used for assessing conditions the formation of high-speed ionization waves in the active medium of metal vapor lasers. It shown that higher efficiency of pumping the active medium of the laser realized with the formation of a reverse high-speed ionization waves.

Keywords: metal vapor lasers, high-speed ionization waves.

Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов (ЛСПМ) являются одним из наиболее эффективных источников когерентного излучения в видимой области спектра среди газовых лазеров с практическим КПД ~ 1%, что на порядок ниже прогнозируемого КПД. Для эффективной накачки активной среды ЛСПМ, необходимо формировать импульс возбуждения с крутым фронтом и длительностью импульса, соизмеримой со временем существования инверсии в активной среде [1]. Импульс возбу-