

УДК 004.94

## ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ПОДСИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ РЕКОНФИГУРИРУЕМОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА

Мартенс-Атюшев Д.С., Мартышкин А.И.

*Пензенский государственный технологический университет, Пенза,*

*e-mail: Alexey314@yandex.ru*

В статье предлагается один из возможных вариантов экспериментального исследования подсистемы планирования и диспетчеризации реконфигурируемой вычислительной системы (РВС) для цифровой обработки сигнала. Представлена имитационная модель, которая демонстрирует процесс обработки задач в РВС. Исследование разработанной модели проводилось с помощью программы имитационного моделирования GPSS World. Описан алгоритм функционирования предложенной модели. В ходе проведенного вычислительного эксперимента менялась трудоемкость задач, поступающих на выполнение в РВС, включающую общий планировщик. При изменяющемся количестве процессоров в системе загрузка процессорного блока находилась на уровне 65%, что соответствует средней загрузке системы. В результате исследования получено, что число ЦП в РВС напрямую зависит от параметров задач и архитектуры используемого планировщика задач.

**Ключевые слова:** реконфигурируемая вычислительная система, планировщик, квант времени, имитационная модель, экспериментальное исследование, цифровая обработка сигнала

## EXPERIMENT FOR RESEARCH PLANNING SUBSYSTEM'S OF RECONFIGURABLE COMPUTING SYSTEMS FOR DIGITAL SIGNAL PROCESSING

Martens-Atushev D.S., Martyshkin A.I.

*Penza State Technological University, Penza,*

*e-mail: Alexey314@yandex.ru*

The article proposes one of the possible variants of experimental research of a subsystem of planning and dispatching a reconfigurable computer system (RCS) for digital signal processing. A simulation model is presented that demonstrates the process of processing tasks in the RCS. The study of the developed model was carried out using the simulation program GPSS World. The algorithm of functioning of the proposed model is described. In the course of the computational experiment, the complexity of tasks entering the RCS, including the general planner, changed. With a changing number of processors in the system, the CPU unit load was at 65%, which corresponds to the average system load. As a result of the research it was obtained that the number of CPUs in the RCS directly depends on the task parameters and the architecture of the task scheduler used.

**Keywords:** reconfigurable computing system, scheduler, time quantum, simulation model, experimental research, digital signal processing

Основной проблемой в высокопроизводительных вычислениях является планирование и назначение задач по процессорам (ЦП). Классическая программная реализация функций планирования способствует увеличению временных затрат на синхронизацию процессов. Для разрешения данной ситуации, существует два подхода: реализация функций планирования и диспетчеризации процессов с общей и индивидуальной на каждый ЦП очередью задач [4]. В работах [1–3, 5] обсуждались вопросы создания и аппаратной реализации реконфигурируемого вычислительного кластера и системы. Здесь приведем результаты имитационного моделирования в среде GPSS World.

Имитационная модель демонстрирует процесс обработки задач в реконфигурируемой вычислительной системе (РВС).

Среднее время обслуживания требования берется по экспоненте как произведение времени кванта ( $t_k$ ) на количество квантов ( $k$ ), которые необходимы для обслуживания задачи ЦП. Исследуемая РВС представляется массивом ЦП с планировщиком задач [6]. Схема имитационной модели системы представлена на рис. 1.

Здесь  $S_0$  – источник задач для обработки в вычислительной системе;  $O_1$  – очередь ожидающих задач; ПЗ – планировщик задач; ПУ1–ПУ $i$  – центральные процессоры.

Задачи из  $S_0$  помещаются в  $O_1$ , если там имеется хотя бы одно свободное место. Иначе они приостанавливаются и ожидают освобождения очереди. Из очереди готовые к обработке задачи назначаются на обслуживание по ЦП. Они выбираются в порядке поступления в очередь.

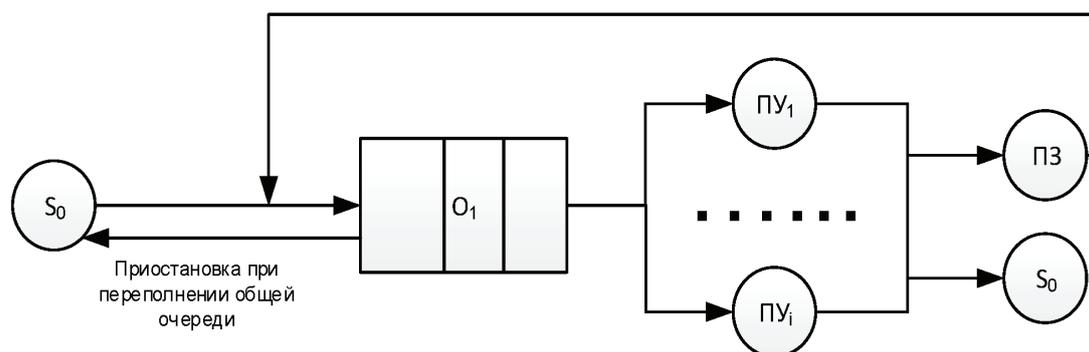


Рис. 1. Схема для имитационного моделирования РВС с общим планировщиком задач

После окончания кванта обработки проверяется, завершена ли обработка данной задачи полностью. При положительном ответе обслуженная задача покидает систему. Задача обрабатывается на  $i$ -м процессоре временной квант ( $k$ ), по окончании которого из зарезервированной переменной задачи отнимается время одного кванта ( $t_k$ ). Далее задача проверяется на полноту выполнения операцией сравнения зарезервированной переменной задачи, которая отвечает за остаток времени требуемого для завершения обслуживания, с нулем. Если задача уже обслужена целиком, она покидает РВС. В противном случае, задача ждет освобождения планировщика, до тех пор не освобождая занимаемый  $i$ -й ЦП, создается очередь ожидающих (приостановленных) процессоров. Одновременно с освобождением планировщика задача поступает в него на обработку. Затем она имеет возможность вернуться в общую очередь ожидающих обслуживания требований при наличии в ней хотя бы одной ячейки свободного места, в противном случае – она покидает систему неполно обработанной.

В ходе проведенного вычислительного эксперимента изменялась трудоемкость задач, поступающих на выполнение в РВС, включающую общий планировщик. Загрузка ЦП находилась на уровне 65%, что соответствует средней загрузке системы. Число ЦП варьировалось от 2 до 20. Трудоемкость задач принята следующей: для задач с низкой трудоемкостью (требующих высокой реакции на запрос) – 0,1 мс, для задач со средней трудоемкостью – 0,5 мс, наконец,

для самых трудоемких задач – 1,0 мс. Время кванта для проведенных опытов принято постоянным и равным 0,1 мс. Время работы планировщика при переключении контекста задач составляет 5 мкс (получено измерением на системе-прототипе); время перезагрузки кэш-памяти принято равным 5 мкс (оценка получена с помощью тестового пакета *RightMark Memory Analyzer*). Из рис. 2 следует, что загрузка планировщика со стратегией разделения во времени растет с понижением трудоемкости задач, т.е. с увеличением реактивности РВС.

Результаты проведенных экспериментов над имитационными моделями позволяют сделать следующие выводы. В большинстве случаев показатели характеристик имитационных моделей, таких как загрузка ПЗ, время реакции, средняя длина очереди, и т. д., имели небольшой разброс относительно друг друга, что соответствует адекватности и целесообразности разработанных моделей.

Изучая функционирование моделей РВС с разными типами диспетчеров задач, на практике было установлено, что производительность у системы с распределенными диспетчерами быстрее, чем у системы с одним диспетчером и общей очередью готовых к выполнению процессов. Данный вывод подтвержден на основе полученных характеристик загрузки самого ПЗ, а также его времени реакции, то есть другими словами, задачи распределяются по  $n$ -планировщикам к  $n$ -процессорам, что позволяет системе работать быстрее, чем в системе с общей очередью и одним планировщиком.

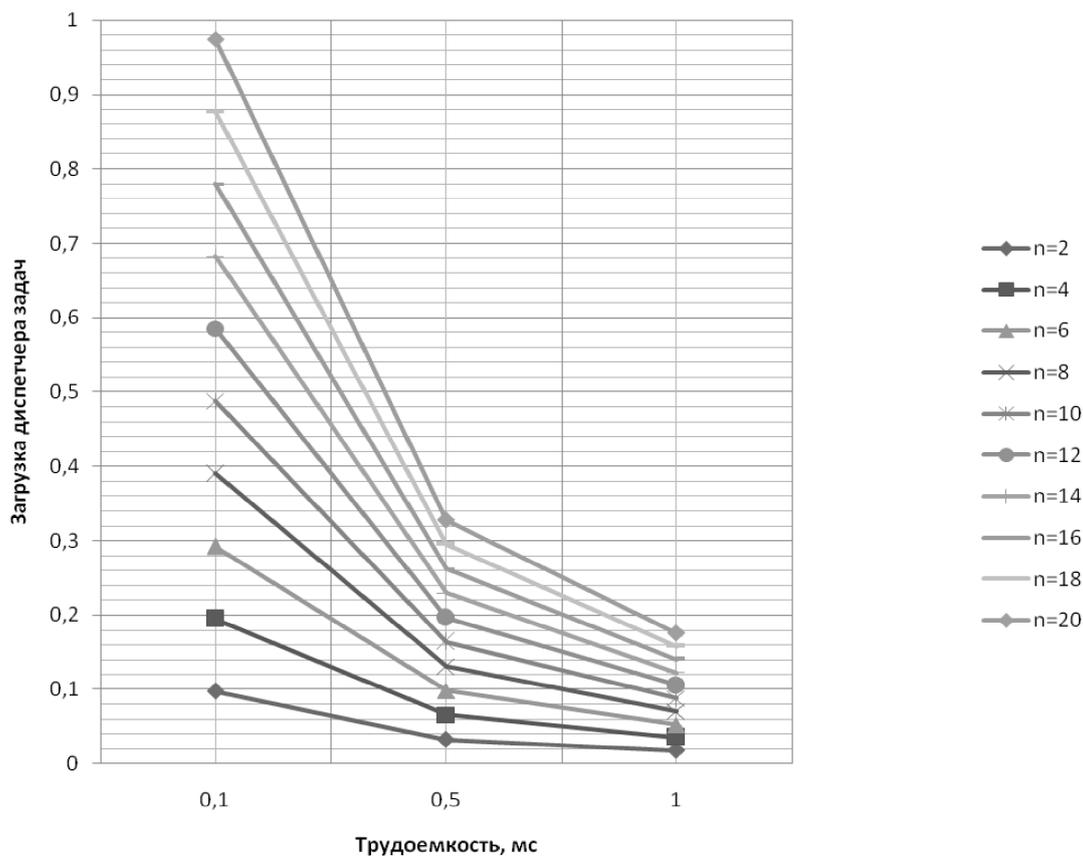


Рис. 2. Зависимость загрузки планировщика от трудоемкости задач в РВС с общим планировщиком

Рассматривая результаты зависимостей средней длины очереди перед узлом ПЗ-ЦП, установлено, что в системе ПЗ с общей очередью, при увеличении количества ЦП значение средней длины стремится к нулю, что говорит о неравномерности распределения задач по ЦП. Данная ситуация способствует к простаиванию некоторых процессоров, то есть ресурс РВС будет задействован не эффективно. В системе ПЗ с распределенными очередями, значение средней длины очереди растет равномерно с повышением числа процессоров, т. е. в этом случае ресурсы РВС задействованы полностью.

В результате проведенного моделирования получено, что число ЦП в составе рассматриваемой РВС для цифровой обработки сигнала напрямую зависит от параметров задач и архитектуры используемого в системе планировщика задач.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (Проект № 16-07-00012 А).*

### Список литературы

1. Мартенс-Атюшев Д.С., Мартышкин А.И. Разработка и исследование реконфигурируемого вычислительного кластера для цифровой обработки сигнала // Современные информационные технологии, 2015. – № 21. – С. 190–195.
2. Мартенс-Атюшев Д.С., Мартышкин А.И. Разработка и исследование реконфигурируемой системы для цифровой обработки сигнала // Международный студенческий научный вестник, 2016. – № 3–1. – С. 86–88.
3. Мартенс-Атюшев Д.С., Мартышкин А.И. Реконфигурируемый вычислительный кластер для цифровой обработки сигнала // Современные методы и средства обработки пространственно-временных сигналов сборник статей XIII Всероссийской научно-технической конференции. Под редакцией И.И. Сальникова, 2015. – С. 112–117.
4. Мартышкин А.И. Имитационная модель распределенной системы с применением абстрактных функциональных блоков // Информационные технологии в экономических и технических задачах Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, 2016. – С. 261–263.
5. Таненбаум Э., Бос Х. Современные операционные системы. – СПб.: Питер, 2015. – 1120 с. ISBN: 978-5-496-01395-6.
6. Martyshekin A.I. Mathematical modeling of Tasks Managers with the strategy of separation in space with a homogeneous and heterogeneous input flow and finite queue // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 2016. – Т. 11. – № 19. – С. 11325–11332.