

Имитация динамики взаимодействия оборудования многопроцессорной вычислительной системы с моделями рабочей нагрузки

С. Ф. МАСЛОВИЧ

Введение. Метод имитационного моделирования МВС представляет собой использование двух типов ИМ МВС и рабочей нагрузки (РН), реализованных на основе транзактно-процессного способа имитации при высоком уровне детализации ВП в узлах МВС. Непредсказуемый характер использования ресурсов узлов МВС заданиями РН с произвольными функциями распределения запросов ресурсов не позволяет использовать аналитические математические модели для изучения динамики использования ресурсов МВС в ходе реализации ВП. С помощью имитационного моделирования можно наблюдать за использованием ресурсов узлов МВС множеством запросов РН. Попытки имитации поведения компонентов МВС проводились многими исследователями [1]. Поэтому использование имитации при выборе организации обработки информации в МВС не является новым по названию. Однако столь высокий уровень детализации ВП в узлах МВС в предлагаемом методе имитационного моделирования МВС до сих пор не рассматривался прежде всего из-за трудности отображения в ИМ реальных ВП в МВС. Кроме того, впервые предлагается рассмотреть динамику использования ресурсов узлов МВС, которые могут быть задействованы при распределенной обработке информации (РОИ) в МВС для случая, когда МВС является управляющим звеном комплексов реального времени в условиях жестких ограничений на время выработки управляющих воздействий на объекты реального времени.

Модели организации взаимодействия компонентов МВС и рабочей нагрузки. Динамика взаимодействия компонентов МВС использования ресурсов узлов МВС согласно предлагаемому методу имитации МВС исследуется с помощью двух типов ИМ. В МВС используются только два типа РН (РН): РОИ_і и диалоговый режим (DR_і).

Первый тип ИМ отображает расход запросами РН *i*-го типа ресурсов оборудования *j*-го узла МВС (ИМ ОБОР_і) (здесь *i*-номер типа РН, а *j*-номер узла МВС). ИМ ОБОР_і является универсальной для обоих типов ИМ и состоит из следующих процессов: расхода ресурсов центрального процессора *j*-го узла МВС (PR.CPU_і); расхода ресурсов внешней памяти (PR.HDD_і). Эти процессы отображают алгоритмы расхода ресурсов узла МВС запросами РН каждого типа, которые обслуживаются процессами согласно следующим приоритетам. Запросы режима DR_і имеют более высокий приоритет, чем запросы задачи РОИ. Выделение ресурсов в процессе PR.CPU_і осуществляется квантами времени использования CPU_і длительности Δt_{cpu} . Появление более приоритетного запроса приводит к прерыванию выделения ресурса менее приоритетному запросу. Ресурс устройства HDD выделяется запросам РН полностью без прерываний на время Δt_{HDD} . В случае, когда задаче требуется больше времени, чем один квант, то она снова поступает в очередь к устройствам CPU_і для ожидания очередного кванта Δt_{cpu} . Аналогичная схема организации обработки задач происходит на устройстве HDD. ИМ ОБОР_і является универсальной и не требует программирования на этапах эксплуатации со стороны руководства МВС. Из-за того, что программы процессов ИМ ОБОР_і являются реентерабельными, исследователям для задания структуры и состава узлов МВС достаточно указать только количественный состав МВС. На рисунке 1 представлена структура ИМ первого типа.

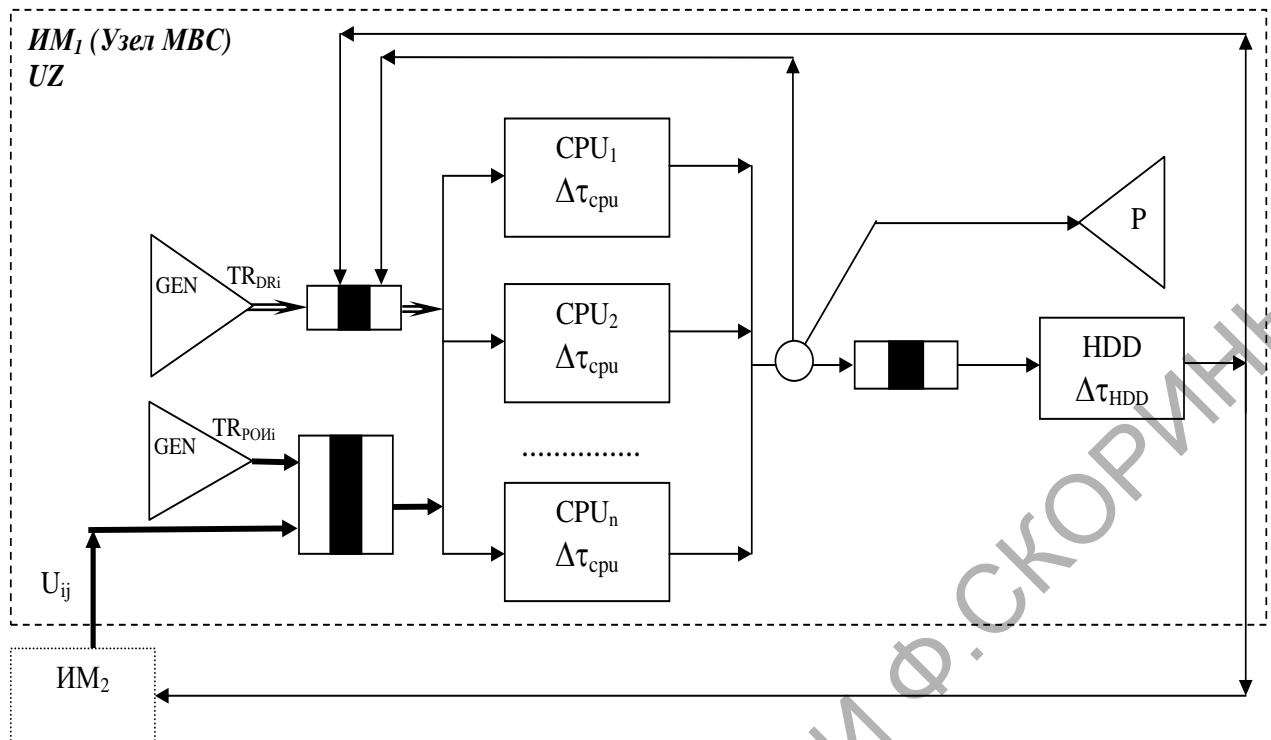


Рисунок – 1. Схема модели имитационной модели узла МВС (ИМ ОБОР)

Второй тип ИМ отображает во времени последовательность i -го типа запросов РН на ресурсы j -го узла МВС (ИМ РОИ). Назовем уровень отображения расходов ресурсов j -го узла (физическим уровнем обработки информации в МВС), а отображение структуры i -го типа РН РОИ во времени (виртуальным уровнем представления РН на узлах МВС). На рисунке 2 представлена структура второго типа имитационной модели.

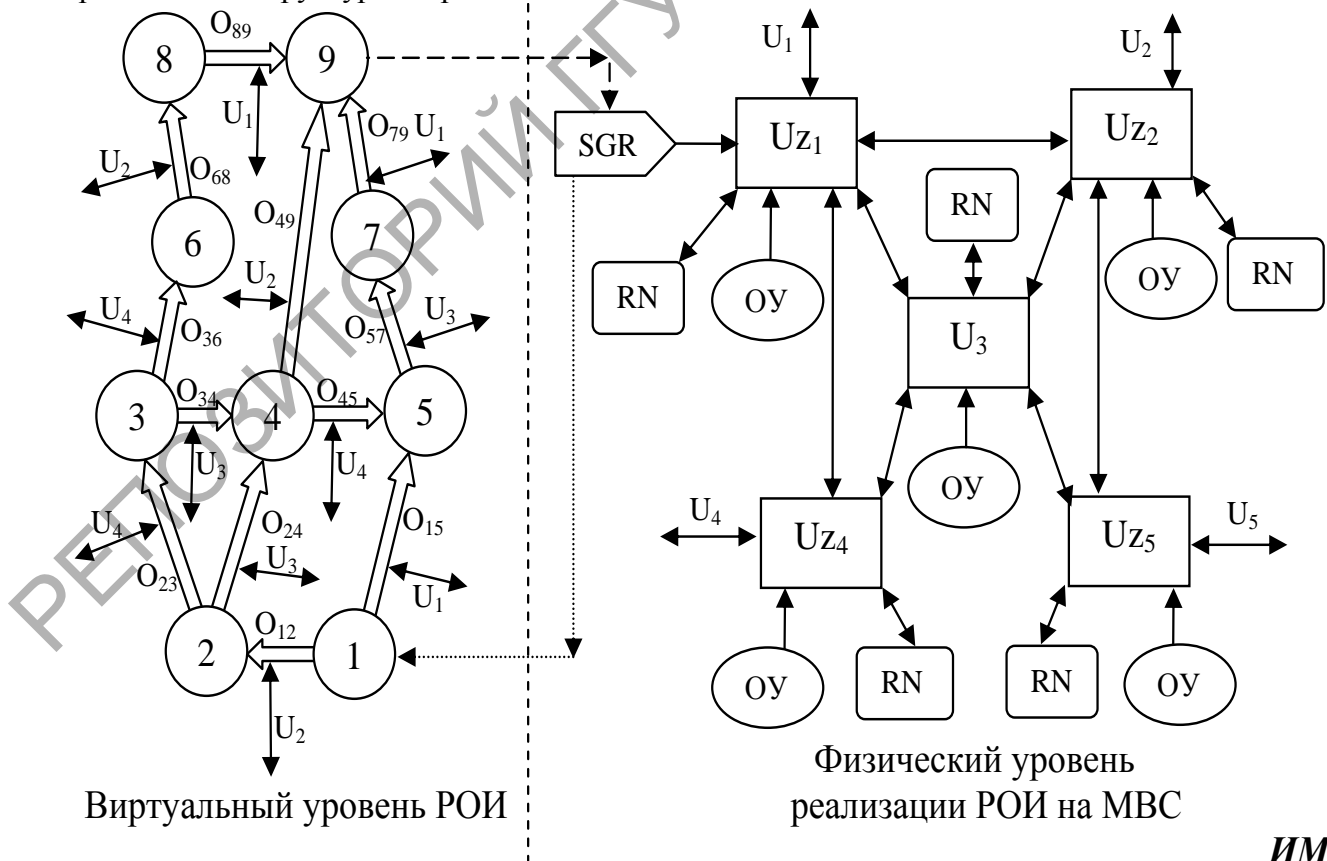


Рисунок – 2. Схема модели имитационной модели РОИ на МВС (ИМ РОИ)

 $ИМ_2$

ИМ рабочей нагрузки также является универсальной для обоих типов МВС и состоит из следующих типов процессов: генератор запросов диалоговых задач ($GENDIAL_i$); генератор запросов на распределенную обработку информации ($GENPOI_q$). Для задания состава и структуры РН на узлах МВС руководству достаточно задать число процессов-генераторов транзактов сложной структуры каждого типа (I, Q). Все эти генераторы имеют стандартный алгоритм имитации вероятностных запросов ресурсов узлов МВС, что позволяет реализовать их в виде реентерабельных программ. В информационной базе данных (ИБД) ИМ МВС для каждой версии генераторов отведено место для хранения рабочей информации и сбора статистики имитации. В итоге ИМ рабочей нагрузки состоит из двух реентерабельных программ-генераторов запросов ресурсов узлов МВС, которые в своей работе используют индивидуальные рабочие места в ИБД (соответственно по одной области в ИБД для каждой версии генераторов).

Имитация динамики взаимодействия РН и оборудования МВС. Каждый i -ый генератор, используя рабочие места в ИБД по адресу α_i формирует транзакт сложной структуры ($TRSS_i$) стандартного типа, а в одну из очередей оборудования МВС посылает триаду (i, π_i, α_i). Здесь i -номер запроса ресурсов; π_i – приоритет запроса; α_i – адрес информационной части запросов i -го типа.

$GENDIAL_i$ с интенсивностью α_i формирует «подкрашенный» транзакт вида $TRSS1_i=(i, \pi_i, \alpha_i)$, у которого в информационной части находятся запросы ресурсов CPU_i и HDD_i , разыгранные по соответствующим функциям распределения, сформированным до имитационного эксперимента (ИЭ) по данным мониторинга поведения диалоговых запросов.

$GENPOI_q$ с интенсивностью α_q формирует «подкрашенный» транзакт вида $TRSS2_q=(q, \pi_q, \alpha_q)$, у которого в информационной части находятся запросы ресурсов CPU_q и HDD_q , разыгранные по соответствующим функциям распределения по данным мониторинга поведения РОИ. Важным отличием информационной части этого транзакта является описание структуры РОИ, которая представляет собой вероятностный сетевой график ($VSGR$). Узлами SGR являются свершение событий в SGR , а ветвями являются запросы на ресурсы q -го узла МВС, необходимые для выполнения S_q -го модуля задачи управления объектами реального времени.

Таким образом, в транзакте 2-го типа $TRSS2_q$ указывается адрес возврата на S_q -ый модуль выполнения SGR после имитации счета этого модуля на q -ом узле МВС. Из-за вероятностного характера запросов ресурсов узлов МВС РОИ q -го узла используется процедура Монте-Карло [2]. В ходе 1-ой реализации РОИ q -го узла МВС по соответствующим функциям формируются CPU_{q1} HDD_{q1} , что позволяет при имитации 1-ой реализации SGR считать эти запросы детерминированными величинами. Поэтому $GENPOI_q$, используя известный алгоритм [3], рассчитывает моменты свершения событий, начиная от начального события SGR_1 и заканчивая завершающим событием SGR_1 . На событиях SGR_1 осуществляется синхронизация их свершения, и по завершении самого позднего момента выделения ресурсов МВС активизируются все модули РОИ, начинающиеся в только что завершеном событии. В моменты завершения 1-ой реализации SGR_1 фиксируется в ИБД статистика свершения всех событий в информационном поле транзакта $TRSS2_q$ по адресу α_q . При этом ведется контроль за окончанием числа реализаций процедуры Монте-Карло для РОИ q -го узла МВС. Когда $l > N_m$ (где N_m – количество реализаций процедуры Монте-Карло) эта статистика усредняется, что является статистиками и откликами имитации РОИ в МВС. На основе полученных данных определяются необходимые параметры сетевого графика q -ой задачи РОИ такие как: критический путь $\{I_{qкрит}\}$, его длина ($T_{qкрит}$), времена свершения ранних ($t_{рнqi}$) и поздних сроков ($t_{пдqi}$) выполнения задач, значения резервов времен каждого события ($t_{резервqi}$). По завершении N_m реализаций ИМ МВС также определяются усредненные значения откликов и статистик оборудования ИМ МВС: коэффициенты загрузки устройств CPU (η_{cpuj}) и HDD (η_{hddj}), длин очередей к этим устройствам (I_{cpuj}, I_{hddj}), времена ожидания запросов к ним ($тож_{cpuj}, тож_{hddj}$).

Выводы. Как видим, в предложенном методе присутствуют множества отличий от известных ранее методов исследования МВС. **Первым** отличием является то, что все генерато-

ры РН на МВС используют транзакты сложной структуры, что обеспечивает очень высокий уровень детализации ВП в МВС для всех режимов совместного использования запросами трех типов ресурсов узлов МВС. Этим существенно отличается данный метод имитационного моделирования МВС или ЛВС от известных. **Вторым** важным отличием от известных попыток имитации МВС предлагаемого метода имитации МВС является использование транзактно-процессного способа имитации, реализуемого системой моделирования MICIS4 [4], выбранной в качестве базовой системы моделирования для реализации метода. **Третьим** важным отличием метода является отсутствие программирования ИМ МВС на этапах эксплуатации этой ИМ. Все основные процессы-имитаторы реализованы в виде реентерабельных программ. Из-за стандартного алгоритма отображения ВП в узлах МВС они разработаны мною и не требуют модификации и программирования. Свойство реентерабельности программ процессов-имитаторов позволяет автоматически одновременно в модельном времени обслуживать любое число копий этих процессов, поскольку каждая копия имеет свое информационное поле в ИБД МВС, расположено по адресам α_i , α_q .

Abstract. The technology of the process of imitation of dynamics of interaction of the equipment of the multiprocessors computing system with models of working loading is offered in the paper.

Литература

1. Якобовский, М.В. Распределенные системы и сети: учебное пособие / М.В. Якобовский – Москва: Изд-во МГТУ «Станкин», 2000.
2. Соболев, И.М. Метод Монте-Карло / И.М. Соболев. – Москва: «Наука», 1968.
3. Жогаль, С.И. Задачи и модели исследования операций. Ч.1. Аналитические модели исследования операций / С.И. Жогаль, И.В. Максимей: учебное пособие. – Гомель: БелГут, 1999.
4. Левчук, В.Д. Программно-технологические комплексы имитации сложных дискретных систем / В.Д. Левчук, И.В. Максимей.: М-во образ. РБ, Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины. – Гомель: ГГУ им. Скорины, 2006.

Гомельский государственный
университет им. Ф. Скорины

Поступило 30.04.07