

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В РЕАЛЬНОМ МАСШТАБЕ ВРЕМЕНИ¹

М. Ю. Охтилев, Б. В. Соколов, А. Ю. Чуприков, А. Д. Черников,
О. П. Ничипорович, С. А. Заозерский, Д. А. Иванов (Санкт-Петербург)

Одной из важных проблем, стоящих перед разработчиками информационных систем при их проектировании и внедрении, является оценивание необходимых показателей качества этих систем. Особенно это актуально для информационных систем, используемых в критических приложениях (системах контроля и управления технологическими процессами, функционирующих в режиме реального времени, системах управления различным встраиваемым оборудованием и пр.). Для названных систем очень важно знать значения таких показателей их качества функционирования, как, например, время (среднее, максимальное, минимальное) формирования управляющего сигнала (отклика) после поступления некоторой входной (измерительной) информации, объем (средний, максимальный, минимальный) используемой памяти при проведении вычислений, достоверность и надежность формируемых решений (сигналов). Эти и другие подобные показатели могут быть оценены с использованием технологий имитационного моделирования.

Как известно, существует несколько инструментальных средств проведения имитационного моделирования. В качестве одной из существующих альтернатив авторами была выбрана система имитационного моделирования на основе языка GPSS [1, 2], обладающего, как представляется, удобным для моделирования систем, модель функционирования которых имеет блочную конструкцию, поскольку этот язык включает в себя набор типовых элементов (устройств, накопителей, переключателей и т.п.), соответствующих компонентам реальных систем, что позволяет упростить программную реализацию алгоритмов их функционирования. Кроме того, основным элементом языка GPSS – транзакт – является наиболее естественной формой представления моделируемых потоков обрабатываемых данных [3].

Однако для проведения имитационного эксперимента с использованием языка GPSS (как и с ему подобными универсальными средствами) необходимо иметь в наличии целый набор исходных данных, характеризующих моделируемую информационную систему (затраты ресурсов на выполнение используемых операций, время на осуществление приема/передачи данных и пр.). Сбор и оценивание подобных величин, как правило, сопряжен с большими технологическими трудностями. К тому же, точность полученных оценок не всегда удовлетворяет заданным требованиям. Для устранения названных недостатков желательно иметь такую имитационную систему, в которой бы сочетались достоинства универсальных и специализированных средств моделирования.

Для реализации такого подхода авторами для оценивания показателей качества информационных систем обработки данных была реализована технология, базирующаяся на использовании ранее разработанного программного комплекса мониторинга состояния сложных технических объектов в реальном времени [4, 5].

¹ Разработка данного программного комплекса выполнялась при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 02-07-90463), секции прикладных проблем при Президиуме РАН (проект 1331), отделения информационных технологий и вычислительных систем РАН (проект О-2.5/03).

Основное назначение программного комплекса (ПК) в рамках разработанной информационной технологии (ИТ) мониторинга состояния сложных технических объектов и процессов в реальном масштабе времени заключается в проведении мониторинга состояния соответствующего объекта управления (ОУ), осуществляемого в условиях различных ограничений. Мониторинг состояния в разработанной технологии предполагает получение в явном виде обобщенных оценок выполнения программы функционирования рассматриваемого ОУ, либо степени его работоспособности, либо места и вида возникшей неисправности, либо оценок прогнозируемых явлений и процессов с заданной точностью и интервалом прогноза и т.п. – с учетом конкретных целей и условий эксплуатации этого объекта на различных этапах его функционирования. Мониторинг может проводиться при интеграции всех имеющихся видов измерительной информации и решать следующий перечень задач:

а) контроль функционирования ОУ (как в штатных, так и нештатных ситуациях). Реализация технологии автоматизированного управления при мониторинге позволяет непосредственно с пульта оператора формировать и выдавать команды на ОУ;

б) контроль работоспособности ОУ; при возникновении неисправностей – их диагностирование с указанием места и вида возникшей неисправности, рекомендациями по ее устранению;

в) прогнозирование поведения ОУ (при наличии соответствующих исходных данных): предсказание развития как штатных, так и нештатных (аварийных) ситуаций с целью их предупреждения и недопущения и т.п.

Реализация разработанной ИТ позволяет обеспечить выполнение целого ряда требований, среди которых можно отметить следующие:

– мониторинг состояния (МС) в режиме жесткого реального времени (РВ), когда не допускается никаких задержек в получении результатов мониторинга, так как в случае опоздания эти результаты могут оказаться бесполезными или может произойти катастрофа. Стоимость опоздания при этом может быть бесконечно велика;

– высокие показатели достоверности и точности результатов, что особенно важно для работы контролируемых систем в критических приложениях;

– высокое качество представления конечных результатов мониторинга – из-за высокой стоимости принимаемых на их основе решений по управлению ОУ;

– возможность функционирования системы мониторинга в рамках распределенной вычислительной сети – в условиях большой удаленности (разнесенности) между ее функциональными элементами и при наличии разнообразия аппаратно-программных платформ потребителей;

– способность одновременно обеспечивать большое количество потребителей результатами мониторинга состояния ОУ в каждый момент их информационного обслуживания;

– возможность накопления (формализации) знаний и осуществление автоматизированного мониторинга состояния ОУ практически любой сложности.

Данная ИТ частично была реализована в системах контроля и управления сложными технологическими процессами в критических приложениях: в ракетно-космической отрасли (при управлении всеми существующими разгонными блоками и некоторыми типами космических аппаратов, используемыми Российским федеральным космическим агентством и космическими войсками Министерства обороны); в атомной энергетике (в составе АСУ технологическими процессами на энергоблоках Курской и Ленинградской атомных электростанций), в других приложениях.

Необходимо заметить, что решение задачи имитационного моделирования информационной системы – это, по сути, «физическое» моделирование процессов обработки данных, когда для оценивания показателей качества используется непосред-

венно целевая программная система с некоторыми доработками, обусловленными сбором и интерпретацией эмпирических данных о функционировании исследуемой информационной системы. При этом суть доработок заключается в необходимости использования специально разработанной надсистемы, которая: 1) генерирует транзакции (входной поток данных) по заданному закону или использует ранее накопленный набор данных (измерительной информации) для реальных сеансов мониторинга и 2) прерывает в определенные моменты процесс функционирования исследуемой информационной системы для: а) выбора и запоминания нужных значений случайных величин (статистик); б) вычисления их моментов распределения (среднего, дисперсии, корреляционных характеристик и пр.).

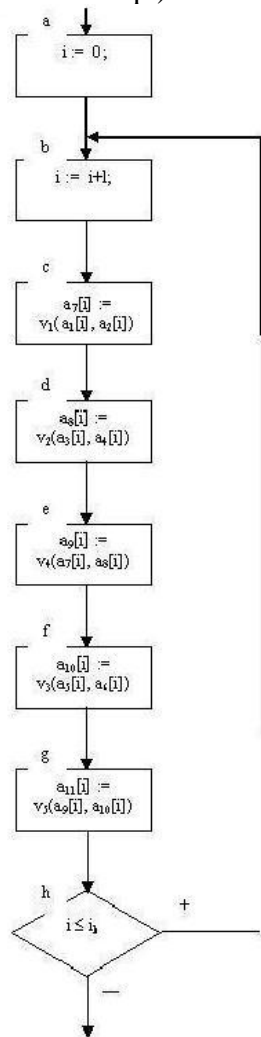


Рис. 1. Блок-схема программы

Проиллюстрируем моделирование работы системы мониторинга состояния на примере. Пусть необходимо оценить характеристики процесса вычислений в соответствии с фрагментом программы, блок-схема которой приведена на рис. 1.

Для данного примера схема программы обработки данных, принятая в системе мониторинга [6], будет иметь вид G-сети, фрагмент которой показан на рис. 2.

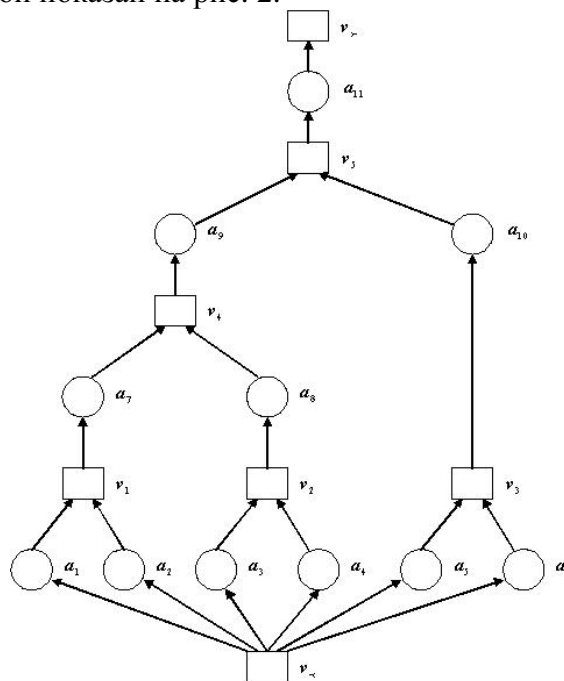


Рис. 2. Схема моделируемой G-сети

Альтернативным представлением данного фрагмента схемы программы, но уже для его моделирования в системе GPSS, является его описание с использованием Q-схем – как одного из наиболее приемлемых средств описания изучаемых процессов, имеющих широкое применение в системах массового обслуживания [1].

В Q-схеме, описывающей функционирование рассматриваемого фрагмента G-сети (рис. 3) используются структурные элементы следующих трех типов: И – источники информации; Н – накопители (очереди, позиции); МУ – многоканальные устройства (каналы обслуживания, вычислительные модули).

Кроме информационных блоков и связей между ними, отражающих пути движение заявок на обслуживание (транзакций, элементов измеряемых или вычисляемых данных), в приведенной Q-схеме используются управляющие элементы и связи между ними. К ним относятся «клапаны» (которые изображены на схеме треугольниками, а управляющие связи для них – пунктирными линиями), блокирующие обслуживающие каналы «по входу» и «по выходу»: блокировка канала по входу означает, что рассматриваемый канал отключается от входного потока заявок, а блокировка канала по выходу – уже обслуженная заявка остается в канале до момента снятия блокировки. Наличие «клапанов» позволяет реализовать процесс анализа поступающих на вычислительные модули данных без потерь.

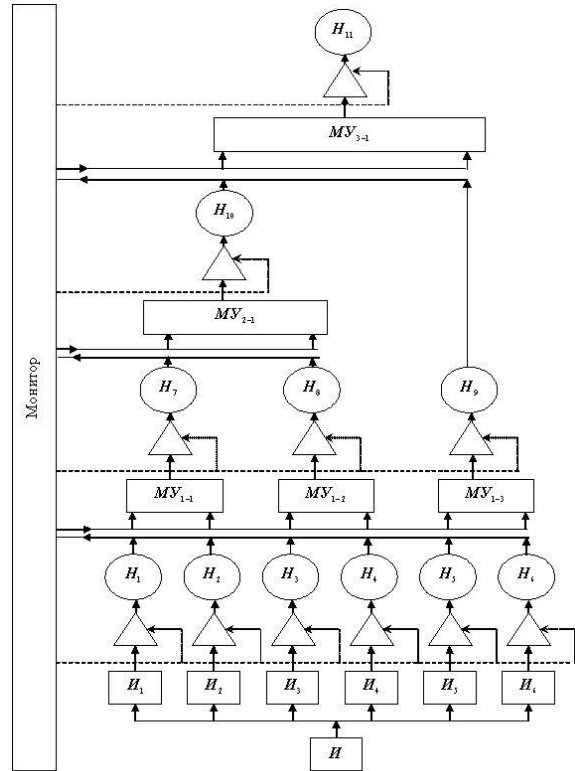


Рис. 3. Q-схема моделируемой G-сети

В рассматриваемой Q-схеме введен еще один канал обслуживания – монитор, выполняющий специальную задачу по управлению (синхронизации) работой моделируемого комплекса, которая заключается в проверке условий готовности к вычислению модулей анализа и выработке соответствующих сигналов (блокировок).

Следует заметить, что порядок прохождения транзакций по обслуживающим устройствам задается в разработанной программе дискретной числовой функцией, которая учитывает структуру соответствующей G-сети. Процесс построения другой программы по любой другой G-сети сводится к изменению существующей или написанию новой функции (таблицы), использующейся в программе на GPSS.

После проведения имитационного моделирования по различным вариантам исходных данных, соответствующих различным реальным и наиболее типичным условиям проведения сеансов обработки данных, были получены результаты, которые обобщены и представлены на рис. 4–6.

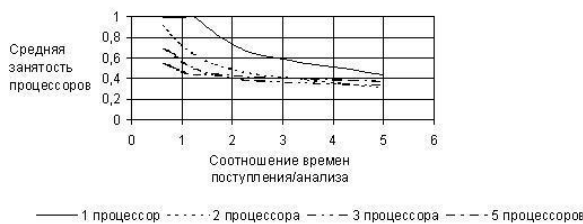


Рис. 4. Диаграммы занятости процессоров в зависимости от соотношения средних времен между поступлением измерительной информации и получением результатов (Δ/δ)

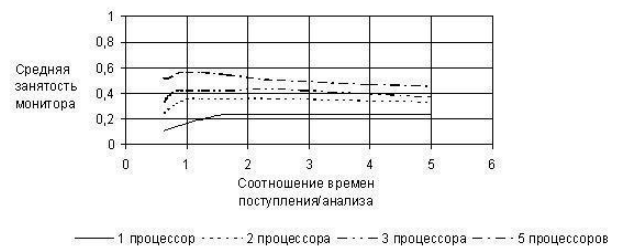


Рис. 5. Диаграммы занятости монитора в зависимости от соотношения средних времен между поступлением ИИ и получением результатов АА ИИ (Δ/δ)

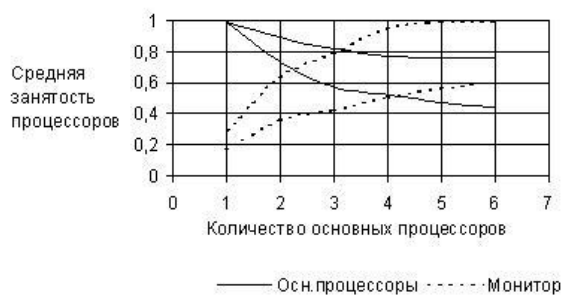


Рис. 6. Диаграммы занятости основных процессоров и монитора в зависимости от количества используемых процессоров

В качестве вывода по проведенным исследованиям можно отметить, что при моделировании поведения информационных систем подход на основе ПК мониторинга состояния обеспечивает получение точных и достоверных данных. Более того, использование разработанной для этого надсистемы в рамках ПК позволяет организовать оптимизацию управления вычислительным процессом – при функционировании ПК мониторинга состояния сложных технических объектов в процессе его функционального применения.

Литература

1. **Советов Б.Я., Яковлев С.А.** Моделирование систем. – М.: Высшая школа, 1985. – 271 с.
2. **Шрайбер Т. Дж.** Моделирование на GPSS. – М.: Мир, 1980.
3. **Охтилев М.Ю., Крапивин И.В., Климов С.А.** Имитационный комплекс автоматизированной системы обработки и анализа измерительной информации//Деп. рук.; Сборник рефератов депонированных рукописей. Серия Б. Вып. 38.– М.: ЦВНИ МО РФ, 1997. – 42 с.
4. **Охтилев М.Ю., Соколов Б.В.** Теоретические и прикладные проблемы проектирования и сопровождения автоматизированных систем мониторинга состояний сложных технических объектов//Труды СПИИ РАН. СПб. Институт информатики и автоматизации РАН. СПб., 2002. – Т. 1. – Вып. 1. – С. 167–180.
5. **Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Чуприков А.Ю., Заозерский С.А., Иванов Д.А. и др.** Перспективные направления развития информационных технологий мониторинга состояний сложных технических объектов в реальном масштабе времени//Авиакосмическое приборостроение. – 2004. – № 11. – С. 50–59.
6. **Охтилев М.Ю.** О построении программ обработки и анализа измерительной информации в реальном времени//Программирование. – 2001. – Т. 27. – № 6. – С. 329–335.