

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПРИ ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В РЕАЛЬНОМ МАСШТАБЕ ВРЕМЕНИ

А.В. Устинов, М.Ю. Охтилев (Санкт-Петербург)

Целью работы было построение имитационной модели распределённой системы обработки и анализа данных (РСОАД), позволяющей с минимальными затратами изменять конфигурацию системы в зависимости от потоков данных, средств и схем их обработки [4].

Рассматриваемая РСОАД предназначена для обработки и анализа большого потока данных в рамках автоматизированных систем мониторинга и управления различными сложными техническими процессами. К числу подобных систем в полной мере можно отнести космические средства (КС), такие, как космические аппараты, ракеты-носители и космические системы в целом [2, 5]. Для реализации систем мониторинга и управления КС применяются распределённые вычислительные системы с различным количеством узлов и различными характеристиками.

К модели построения РСОАД предъявляются следующие требования: простота и наглядность модели, эффективность в использовании, а также освобождение эксперта, отвечающего за разработку системы мониторинга и управления, от участия в разработке и сопровождении программы модели [4].

Описание РСОАД

Моделируемая РСОАД представляет собой распределённую вычислительную систему обработки и анализа больших объёмов данных. Данные представляют собой наборы значений параметров технического состояния (ТС), среди которых можно выделить измеряемые и вычисляемые. Измеряемыми параметрами ТС являются наборы телеметрируемых параметров, вычисляемыми параметрами – параметры, вычисляемые по различным алгоритмам на основе значений измеряемых параметров [2, 3]. Основным способом оценивания ТС – сбор, обработка и анализ измерительной информации (ИИ):

- сбор ИИ – это процесс получения значений измеряемых параметров;
- обработка ИИ – это процесс получения оценок измеряемых параметров ТС на основе собранных данных, имеющих достаточный уровень доверия;
- анализ ИИ – это процесс получения обобщённых оценок параметров ТС и показателей степени доверия к полученным результатам анализа.

Так как используется большое количество различных по видам представления, характеру измерений и вычислений параметров ТС, проектирование и реализация программного обеспечения систем мониторинга и управления невозможно без наличия соответствующей математической модели. В рамках данной работы моделью, лежащей в основе представления ИИ, является G-модель [2]. А в качестве схемы программы анализа ИИ используется G-сеть [2], представляющую собой схему программы анализа.

Поскольку в программу анализа ИИ [2] заложены принципы потоковой модели вычислений, а именно выполнение по готовности данных, этот же принцип лежит и в схеме программы вычислений. Исходя из этого, для модели РСОАД (рис. 1) ключевым моментом является использование локальных данных прежде всего для хранения и мониторинга набора вычисляемых параметров. Это необходимо для нахождения наборов значений вычисляемых параметров для операторов анализа, а также для временного хранения значений параметров. Для реализации параллелизма, присущего модели вычислений, в модели РСОАД следует предусмотреть большое количество вычислительных узлов (ВУ). В свою очередь, для обеспечения локальности данных необходимо аналогичное с количеством ВУ количество

узлов хранения данных (УХД). Все ВУ и УХД соединены при помощи коммутационной среды [6].

В идеальном варианте в системе существует автоматическое распределение ресурсов и данных. Конфигурация виртуального вычислительного пространства производится динамически и полностью автоматическим способом [7]. В частности, распределение данных по УХД для хранения наборов значений входных параметров. Но такое предположение справедливо, если коммутационная среда однородна: все времена передач данных между устройствами одинаковы и невелики. Это предположение нереально на данный момент [8]. Даже в варианте реализации системы на одной вычислительной машине ее невозможно сделать однородной, так как на работу системы могут влиять внутренние процессы операционной системы и внешние воздействия, а также аппаратные ограничения. Если система функционирует в условиях сильной неоднородности коммутационной среды, например, система реализована в виде распределенной вычислительной системы, и модули системы размещены на нескольких вычислительных узлах, то результаты могут значительно ухудшиться [8]. Особое внимание следует уделить узлам сбора информации (УСИ). Они представляют собой разнородные устройства с различными протоколами работы и различной скоростью передачи данных. УСИ отвечают также за взаимодействие с пользователем, принимают информацию и управляющие команды. Каждый УСИ взаимодействует с узлом планирования вычислений (УПВ). В свою очередь, УПВ отвечает за взаимодействие с ВУ и УХД [4].

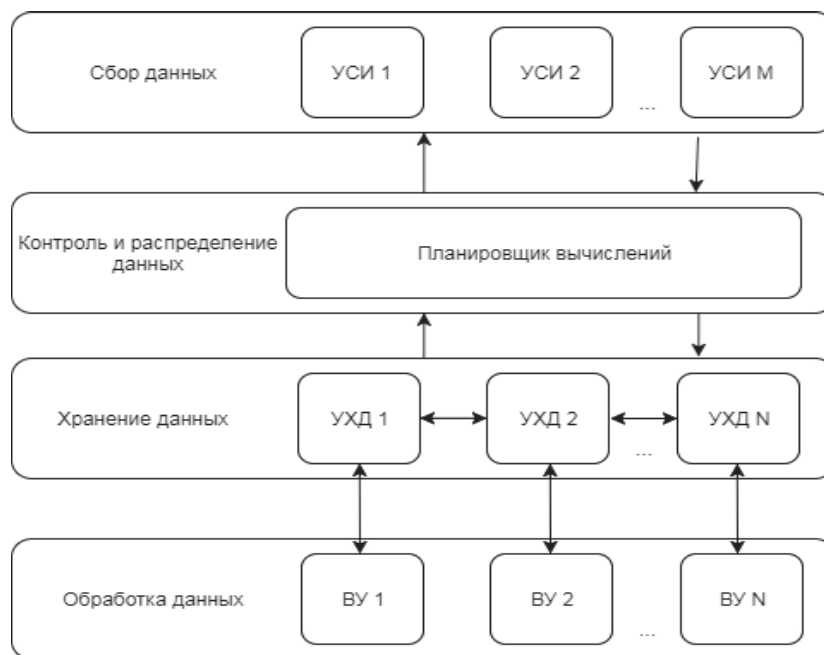


Рис. 1. Модель РСОАД

Исходя из вышесказанного, можно предположить следующее: данные между узлами передаются с различными задержками. УСИ принимают данные из различных источников. Закон распределения входного потока каждого источника близок к нормальному с высокой интенсивностью. Распределение входных данных по ВУ осуществляется в УПВ. Результаты обработки сохраняются на текущем узле обработки, а также передаются УПВ для контроля за ходом вычислений. Данные могут при необходимости перемещаться между ВУ. Конечным результатом обработки является оценка ТС, передаваемая пользователю [4, 9].

При проектировании РСОАД могут решаться следующие задачи:

- минимизация вероятности потери результатов оценки ТС;
- минимизация времени обработки и анализа параметров;
- минимизация ресурсов вычислительных узлов (расходы памяти и процессорного времени);
- оценка эффективности используемых программ обработки данных.

Описание имитационной модели РСОАД

Исходя из описания РСОАД, можно создать описание имитационной модели основанной на понятии элементарных моделей (ЭМ) [4]. При помощи описания ЭМ и соединения их между собой можно добиться любой конфигурации имитационной системы. Модель допускает произвольную модификацию набора ЭМ и связей между ними. Для моделирования РСОАД, состоящей из набора различных узлов, соединённых между собой коммутационной сетью, необходимо описать набор ЭМ [4]:

– линия связи (ЛС) служит для задания топологии в модели РСОАД. Наличие этой ЭМ между любыми двумя узлами означает возможность посылки данных между такими объектами;

– генератор данных (ГД) требуется для имитации появления потоков данных в системе. Потоки данных появляются по заданному распределению, уникальному для каждого экземпляра ЭМ ГД;

– вычислительный модуль (ВМ) имитирует работу вычислительного узла и узла хранения данных, отвечает за обработку и хранение данных, которые поступает в него по входящим линиям связи. Сама ЭМ ВЦ также может посылать информацию по исходящим линиям связи;

– планировщик вычислений (ПВ) распределяет потоки данных от ЭМ ГД, отслеживает ход выполнения вычислительной программы и проводит мониторинг готовности данных на ЭМ ВМ, а при необходимости запуска новых задач осуществляет поиск подходящих ресурсов в соответствии с полученной от ВМ информацией.

Параметром ТС в описании имитационной модели служит набор данных — метка. Метка имеет тип, отметку времени генерации, размер.

В рамках реализации описанной имитационной модели, необходимо реализовать следующие функции метки (в процессе её перемещения по имитационной модели): порождение новой метки реализуется в ЭМ ГД, передача метки по линии связи реализуется в ЭМ ЛС. Задержка определяется типом данных и их размером. Распределение меток по ЭМ ВМ реализуется в ЭМ ПВ. Обработка метки реализуется в ЭМ ВМ. При этом возможен как “вывод” метки из системы (окончание её жизни), так и порождение новой метки (после обработки исходной). Метки могут копироваться при передаче по нескольким линиям связи.

Элементарная модель ВМ является подробной моделью стандартного вычислительного модуля. Метка, поступивший в ЭМ ВУ, проходит следующие этапы обработки: сохранение в подсистеме хранения данных, определение вида обработки метки (выбор оператора анализа ИИ), постановка в очередь на вычисление, вычисление, посылка результатов вычисления по выходным линиям связи.

ЭМ ГД позволяет имитировать входящий поток данных в виде меток для их последующей обработки. Метки имеют нормальное распределение по времени генерации и равномерное по размеру данных.

Заключение

Описание модели РСОАД может быть использовано в качестве прототипа для создания имитационных моделей распределённых систем обработки данных.

Реализация имитационной модели РСОАД является непростой и требует дальнейшей работы и исследований из-за ряда сложностей, возникающих при моделировании распределённых систем, основанных на потоковой модели вычислений. В данный момент модель находится на стадии разработки.

Литература

1. **Зубова Т.Н., Мельников Б.Ф.** Использование сетей Петри для моделирования процесса принятия управленческих решений // Вектор науки ТГУ. 2011. № 3(17). С. 33–37.
2. **Охтилев М.Ю.** Основы теории автоматизированного анализа измерительной информации в реальном времени. Синтез системы анализа. СПб.: ВИКУ им. А.Ф. Можайского. 1999. 161 с.
3. **Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М.** Интеллектуальные технологии мониторинга состояния и управления структурной динамикой сложных технических объектов. М.: Наука, 2006. 410 с. (Информатика: неограниченные возможности и возможные ограничения).
4. **Родионов А.С., Рудометов С.В., Окольнішников В.В.** Моделирование системы распределённой обработки данных // ЖВТ. 2013. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-sistemy-raspredelyonnoy-obrabotki-dannyh> (дата обращения: 29.09.2017).
5. **Майданович О.В.** Теория и практика построения автоматизированных систем мониторинга технического состояния космических средств / О.В. Майданович, М.Ю. Охтилев, В.А. Каргин и др. Под ред. О. В. Майдановича. СПб.: ВКА, 2011.
6. **Климов А.В., Левченко Н.Н., Окунев А.С., Змеев Д.Н.** Dataflow – парадигма программирования будущего // Тезисы доклада, семинар «Посткремниевые вычисления», 24 ноября 2014 г., Переславль-Залесский.
7. **Климов А.В., Окунев А.С.** Потоковая модель вычислений как путь к эксафлопсу // Труды Международной суперкомпьютерной конференции «Научный сервис в сети Интернет: эксафлопсное будущее» (19-24 сентября 2011 г., Новороссийск), С. 261–266.
8. **Климов А.В., Окунев А.С., Степанов А.М.** Проблемы развития модели вычислений с управлением потоком данных и особенности ее архитектурной реализации // Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе, материалы международной конференции IT+S&E`07, Ялта-Гурзуф, май 2007.
9. **Таненбаум Э., ван Стеен М.** Распределенные системы. Принципы и парадигмы. – СПб: Питер, 2003. 877 с.
10. **Устинов А.В., Зянчурин А.Э., Кириллов И.С.** Перспективы использования потоковой модели распределённых вычислений в системах мониторинга [Статья]. Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XIX Международной конференции 12-15 сентября 2017. Самара, Россия. С. 514-518.
11. **Устинов А.В.** Повышение эффективности обработки измерительной информации при проведении пусков ракет-носителей [Статья]. Материалы V Всероссийской научно-технической конференции; Актуальные проблемы ракетно-космической техники (V Козловские чтения) (11-15 сентября 2017 г., Самара). С. 251–255.