4. Чернов, В.Г. Мягкие вычисления в инерционных моделях динамики инвестиционных проектов [Текст] / В.Г. Чернов // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. – 2007. – Т 8. №41. – С.105-111.
5. Околелова, Э.Ю. Оценка инвестиционного процесса как нелинейной динамической системы [Электронный ресурс] / Э.Ю. Околелова. Режим доступа: http://www.volsu.ru/s_conf/tez_htm/024.htm.
6. Почукаева, О.В. Прогнозирование межотраслевой эффективности взаимодействующих производств [Текст] / О.В. Почукаева // Проблемы прогнозирования. – 2004. – №6. – С.75–82.
7. Важдаев, А.Н. Модель и алгоритм анализа процесса самоорганизации новых инвестиционных проектов на основе предшествующих [Текст] / А.Н. Важдаев // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2009. – №2. – С.46-49.
8. Гладышевский, А.И. Некоторые особенности разработки и отбора инвестиционных проектов для малого бизнеса [Текст] / А.И. Гладышевский // Проблемы прогнозирования. – 2005. – №5. – С.161–166.
9. Важдаев, А.Н. Математическая модель траектории движения взаимодействующих инвестиционных проектов [Текст] / А.Н. Важдаев, А.А. Мицель // Журнал «Экономический анализ: теория и практика». – 2010. – №40(205). – С.18-24.

*Старший преподаватель **Важдаев А.Н.** тел. 8-923-612-3550 wazdaev@ngs.ru - каф. информационных систем, Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета*

УДК 681.3.06

АГЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ СРЕДА МОДЕЛИРОВАНИЯ СЕТЕВЫХ СИСТЕМ AGNES

Д.И. Подкорытов

Рассматривается среда имитационного моделирования AGNES созданная с применением агентно-ориентированного подхода. Описываются механизмы обеспечения высокой степени отказоустойчивости такой системы. Приводится пример моделирования сенсорной сети

Ключевые слова: интеллектуальные агенты, агентно-ориентированное моделирование, сенсоры

Введение

Параллельное исполнение имитационных моделей является признанным способом ускорения экспериментов [1-3]. Необходимость распараллеливания обуславливается потребностями построения детализированных моделей, обладающих высокой степенью адекватности. Одним из современных подходов к организации параллельных моделей является применение мультиагентных систем (МАС). Применение программных агентов для представления компонентов модели обладает рядом преимуществ, наиболее существенными из которых являются:

Предоставление естественных возможностей интеллектуализации процесса моделирования (программные агенты изначально появились для решения задач построения систем искусственного интеллекта [4]).

Существование стандартов взаимодействия программных агентов, которые позволяют без существенных затрат интегрировать новые модели с уже существующими, разработанными третьими лицами.

Существование открытых платформ разработки МАС.

Одной из широко распространённых платформ разработки МАС является JADE [7], предоставляющая средства создания МАС на Java. В свою очередь, использование Java как основного языка снимает много вопросов по обеспечению переносимости моделей и самой системы моделирования.

Распределённый характер исполнения модели ставит перед проектировщиком системы моделирования ряд проблем. Основными из них, являются:

Синхронизация событий в отдельных подмоделях, исполняемых на разных вычислителях.

Обеспечение откатов при конфликтах времени и возможных сбоях в оборудовании.

Как правило, откаты обуславливаются разными причинами и требуют различной информации для их обеспечения, но большая часть этой информации является общей.

В статье рассматривается МАС моделирования AGNES (AGent NEtwork Simulator),

направленная на моделирование комплексных неоднородных систем с дискретными событиями, в частности, вычислительных систем любой сложности (Например: локально вычислительные сети, сенсорные сети, суперкомпьютерные центры и т.д.). Описывается её архитектура, основные функции и приводятся пример моделирования. Подробно описываются средства обеспечения отказоустойчивости моделирования.

Программные агенты

Не существует единого общепринятого понятия программно-интеллектуального агента (далее, для краткости, просто агент). Специалисты различных областей по-своему определяют понятие агента, с учетом специфики своей работы. Но есть наиболее общее определение агента. Агент – это сущность, живущая в среде обитания, обладающая сенсорами для восприятия среды и исполнительными механизмами для воздействия на среду обитания (рисунок 1).

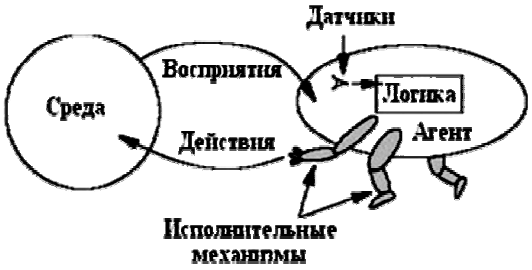

Рисунок 1. Интеллектуальный агент

Мультиагентная система (МАС) - это система, образованная несколькими взаимодействующими интеллектуальными агентами в единой среде[1]. Мультагентные системы характеризуются рядом свойств: автономность, ограниченность представления, децентрализация, самоорганизация, интеллектуальность поведения.

Благодаря этим свойствам агенты идеально подходят для моделирования сложных неоднородных систем, которые могут быть декомпозированы на простые составляющие элементы, взаимодействующие друг с другом. В настоящее время агентный подход очень популярен и широко применяется в различных областях, в том числе и в моделировании[2, 3]. Существует множество пакетов моделирования для различных областей: моделирование жизни - Framsticks, моделирование социальных процессов - Brahms, моделирование экологии - Echo и др. Есть и универсальные системы. Среди них, бесплатные: Repast, Swarm, Mason. И коммерческие: AnyLogic. Все они очень мощные ABM (Agent-based modeling) и ABS (agent-based simulation) системы, но ни одна из них не обеспечивает высокую степень отказоустойчивости, и не имеет направленности на моделирование больших сетей с локальным управлением. Этими дополнительными свойствами обладает ABS system AGNES.

Пакет моделирования AGNES

AGNES – это среда иммитационного моделирования разработанная в лаборатории моделирования динамических процессов в информационных сетях института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения РАН (рисунок 2).

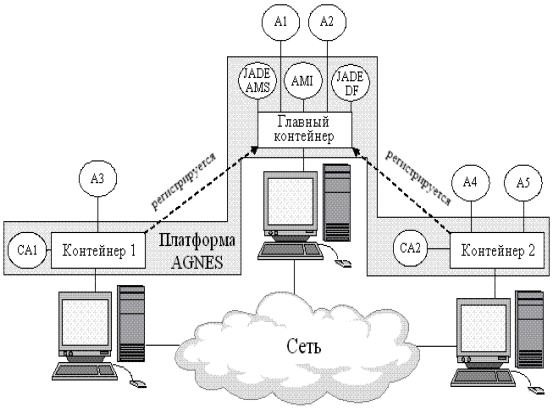

Рисунок 2. Платформа AGNES

Пакет AGNES базируется на Java Agent Development Framework (JADE)[4]. JADE - это мощный инструмент для создание мультиагентных систем, и он состоит из 3-х частей: среда исполнения агентов; библиотека базовых классов, необходимых для разработки агентной системы; набор утилит, позволяющих наблюдать и администрировать МАС.

JADE приложение обладает рядом важных свойств для агентных систем:

- Распределенность, jade позволяет создавать приложения, запускаемые на локальной сети.
- Универсальность, поддержка стандарта FIPA обеспечивает легкость взаимодействия агентов JADE с другими программными, аппаратными или комплексными агентами, поддерживающими этот стандарт.

Основные преимущества, использования платформы JADE:

- Это FIPA-совместимая агентная платформа, которая основана на рекомендациях FIPA и включает в себя три обязательных типа системных агентов: сервис

управления агентами (AMS), канал связи агентов (ACC) и «Желтые страницы» (DF);

- Это распределенная агентная платформа, которая может использовать один или несколько компьютеров (узлов сети), на каждом из которых должна работать только одна виртуальная JAVA машина;

Наличие многопоточной среды исполнения с двухуровневым распределением;

Наличие библиотеки со стандартными протоколами взаимодействия fipa-request и fipa-contract-net;

Наличие графических утилит для администрирования.

AGNES использует все эти возможности, а также расширяет мультиагентную систему до системы моделирования.

Среда моделирования AGNES состоит из двух типов агентов:

- Управляющие агенты (УА), которые создают среду моделирования;
- Функциональные агенты (ФА), которые образуют модель, работающую в среде моделирования.

Приложение AGNES – это распределённая МАС, называемая платформой. Платформа AGNES состоит из системы контейнеров, распределенных в сети. Обычно на каждом хосте находится по одному контейнеру (но при необходимости их может быть несколько). Агенты существуют внутри контейнеров. В системе может быть только один главный контейнер, который представляет собой точку начальной загрузки платформы. Главный контейнер создается первым, все созданные позже контейнеры должны быть зарегистрированы в главном контейнере. На главном контейнере обязательно работают управляющие агенты AMS (Agent Management System) и DF (Directory Facilitator) [7].

Управляющие агенты (УА) AGNES

Основные задачи УА:

- Инициализация и запуск модели;
- Сбор и хранение информации о ходе моделирования;
- Синхронизация модельного времени;
- Перераспределение нагрузки между вычислителями, участвующими в моделировании;
- Взаимодействие с пользователем (вывод отчетов и возможность влияния на ход моделирования);
- Обеспечение отказоустойчивости, восстановление модели.
- При запуске модели, все ФА разделяются на виртуальные кластеры, и над каждым таким кластером назначается контролирующий агент (КА), который является разновидностью УА.
- Основные функции КА:
- Идентификация отказа агентов в среде моделирования;
- Пересылка всех управляющих команд функциональным агентам;
- Хранение информации для восстановления агентов;
- Восстановление модели при сбое.

Инициализация модели

Во время запуска AGNES, первой стартует платформа JADE. Затем запускается агент **AMI** (Agnes Model Initializer) – агент, инициализирующий среду моделирования и запускающий в этой среде подготовленную модель. AMI действует по следующему алгоритму:

1) Инициализация AGNES, запуск необходимых УА:

ARM (Agnes resource manager) – агент, наблюдающий за состоянием платформы (отключением, подключением контейнеров). При изменении состояния он оповещает об этом балансировщиков нагрузки.

ALB (Agnes load balancer) – агент, наблюдающий за состоянием группы контейнеров, характеризующимися количеством ФА каждого типа, интенсивностью обмена сообщениями, средней скоростью доставки сообщения. В масштабных моделях, запущенных на больших количествах вычислителей (контейнерах), одновременно работают несколько ALB агентов, отвечающих за разные контейнеры. Обмениваясь информацией о состояниях всех контейнеров в платформе, агенты инициируют процессы миграции ФА между контейнерами, для выравнивания характеристик загруженности контейнеров.

ADS (Agnes data storage) – агенты, собирающие всю информацию о характеристиках модели – модельных параметрах ФА. Каждый ФА агент через сервис JADE DF находит ADS агентов и в течение всего времени работы оповещает их о своем модельном состоянии.

2) Инициализация модели. AMI получает конфигурационный файл модели, с описанием типов, количеством и параметрами ФА, необходимых для моделирования. При запуске, ФА разбиваются на «кластеры» и создается УА – **ACA (Agnes controlling agent)**, отвечающий за этот «кластер ФА». Для уменьшения трафика управляющих команд, все

команды ФА получает только от своего АСА. А управляющие агенты обмениваются сообщениями между собой напрямую. После инициализации, ФА, объединенные в кластеры, «расползаются» по доступным контейнерам и начинается моделирование, по команде от AMI.

3) При необходимости, дополнительно могут быть запущены агенты-утилиты с графическим интерфейсом, для взаимодействия AGNES с пользователем. В настоящее время пользователь может:

- Контролировать состояние платформы: видеть количество контейнеров, список агентов на каждом из контейнеров, создавать или удалять агентов, подключать или отключать контейнеры.
- Обмениваться сообщениями с агентами. Пользователь может отправлять любые сообщения любому агенту, зная его AID. А так же он может получать ответные сообщения от агента, как реакцию на свой запрос.
- Наблюдать структуру сети, если модель можно представить в виде графа, узлами которого являются агенты, а ребрами информационные связи между ним.
- Имеет механизмы глобального управления моделированием: приостановка, возобновление, преждевременное прекращение моделирования, получение промежуточных результатов.

Отказоустойчивость

Чтобы обеспечить высокий уровень отказоустойчивости, AGNES реализует несколько механизмов:

Отсутствие централизованного хранения данных для восстановления. Хранение необходимой информации ведется подобно peer-to-peer сетям, т.е. информация располагается частями на разных агентах среды моделирования, и эта информация хранится с избытком, для гарантии её восстановления.

Динамическое изменение хранилищ информации во время работы среды моделирования.

То есть основные принципы улучшенной отказоустойчивости среды моделирование - это децентрализация хранилищ и избыточность информации.

Рассмотрим более подробно, как происходит сохранение резервных данных и восстановление модели:

1) В AGNES реализована служебная команда PING, для проверки работоспособности агента. И все агенты должны корректно обрабатывать этот запрос.

2) Большинство УА запускаются в нескольких экземплярах, чтобы гарантировать работы системе при отказе одного из них. КА следят за остальными УА, чтобы обнаружить отказ.

3) Каждый агент AGNES должен реализовывать два метода SaveBackup() and RestoreBackup, т.е. уметь сохранить свое состояние и восстановить его из сохранных данных соответственно.

4) Все КА выбирают себе группу ФА, за которыми будет осуществляться контроль некоторое время, т.е. у КА есть список ФА, у которых он контролирует размещение backup данных. С определенной периодичностью КА обмениваются агентами, входящими в их кластер.

5) Во время своей жизни ФА получают команду от КА о том, что нужно сделать backup: модельный момент времени, когда сохранить состояние, и список соседей у кого следует разместить эти данные. В соответствующий момент агент сохраняет свое состояние, запоминает его у себя, для возможности дальнейшего отката, и отправляет его указанным агентам. Когда агент получает backup данные соседа, он оповещает об этом своего КА. КА запоминает в таблицу у кого хранятся, чьи данные и за какой момент. КА каждый раз пытается хранить данные у разных агентов, чтобы уменьшить зависимость между агентами.

6) КА регулярно опрашивает своих УА и ФА ping командами, чтобы обнаружить отказ. Помимо этого каждый КА выбирает несколько соседних КА, состояние которых он также проверяет.

7) При обнаружении отказа (не получит ответ на ping запрос). КА оповещает всех о необходимости прекращения моделирования, команда pause. Затем КА совместно определяют последнее стабильное состояние системы, т.е. такое состояние, в котором известна информация обо всех агентах, и местоположение данных о состоянии отказавших агентов в этом модельный момент времени. Информация об отказавших агентах запрашивается у работоспособных агентов и из неё восстанавливаются дубликаты. Затем в среде моделирования командой RestoreFrom инициализируется откат до стабильного состояния и моделирование продолжается.

Функциональные агенты (ФА) AGNES

ФА моделируют поведение исследуемой модели. AGNES ориентирована на создание моделей систем, которые легко декомпозируются на простые элементы, взаимодейст-

вующие друг с другом. Примерами подобных систем могут служить: сенсорные сети, пчелиный улей или дорожное движение.

За исключением проблемно - ориентированных задач, каждый агент должен выполнять некоторые функции, которые обеспечивают процесс моделирование (периодическое резервное копирования своих данных, синхронизация, передачи сообщений между агентами и т.д.).

Модель сенсорной сети

Целью моделирования было исследование алгоритмов передачи сообщений внутри сенсорной сети. Сенсор – это простейшее устройство, ожидающие некоторого события, которое может быть зафиксировано его датчиками, и передающее эти наблюдения в узел-хранилище. Для моделирования были созданы два типа агентов, это непосредственно агент-сенсор и агент-событие, которые должен регистрироваться сенсором. Каждый сенсор имеет две обязательные характеристики: радиус действия сигнала и энергия сенсора. Глобальной целью каждого агента является доставка сообщения о произошедшем событии, но каждый агент преследует личную цель сбережение энергии для увеличения срока своей жизни. В модели определяется область, в которую случайным образом помещаются сенсоры. Каждый сенсор работает по следующему алгоритму:

1) Попадая в модель, агент отправляет сообщение о своем появлении, и все агенты, находящиеся в области действия сигнала от сенсора, узнают об этом. И после этого они отправляют ответ новому сенсору, сообщая о своем присутствии;

2) В ходе своей жизни агент-сенсор периодически ведет опрос окружения (обмен эхо сообщениями), чтобы иметь актуальную информацию о среде окружения и о своих соседях. В соответствии с топологией получаемой сети, агенты разбиваются на кластеры, в которых выбирается один активный агент, а остальные агенты переходят в пассивное состояние. Таким образом, получается покрывающее множество.

3) Агент ведет подсчет изменений в среде (например: появление или исчезновение «соседа»). И при достижении порогового значения этой величины, агент инициализирует перекластеризацию всей сети.

4) При обнаружении события, агент, в соответствии с выбранным алгоритмом, отправляет сообщение о событии по сети до хранилища.

На модели пробовались алгоритмы доставки сообщений с минимальным количеством передач до хранилища, когда шла широковещательная передача сообщения, и энергосберегающий алгоритм, когда сообщения шли только по узлам покрывающего множества. В AGNES есть специальный графический пакет для отображения графоподобных моделей. Пример сенсорной сети в этом пакете показан на рисунке 3.

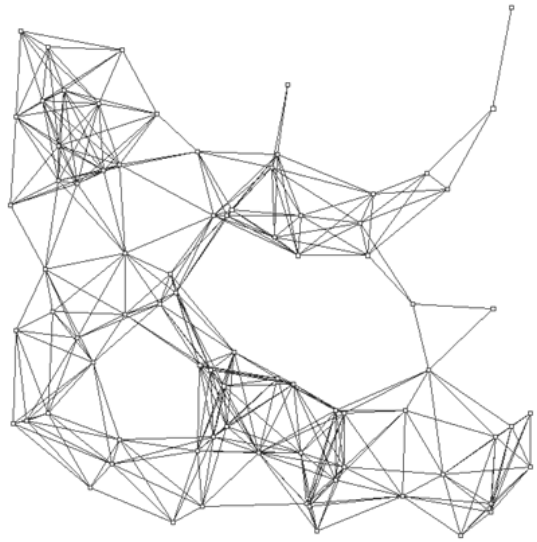

Рис. 3. Модель сенсорной сети в среде AGNES

Заключение

В статье были продемонстрированы возможности использования мультиагентных технологий для создания системы распределённого имитационного моделирования и показан пример использования. Дальнейшие исследования связаны с оптимизацией по различным критериям распределения агентов по вычислителям и построением системы отладки распределённых моделей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pasquini, R. Efficient process interaction with threads in parallel discrete event simulation/ R. Pasquini, V. Rego // Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference, Vol. 1, 1998, P. 451 -458.
2. Fujimoto, R.M., Distributed Simulation Systems./ Richard M. Fujimoto // Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference, 2003, P. 124-134.
3. Окольнишников, В.В. Разработка системы распределённого имитационного моделирования/ В.В. Окольнишников// Информационные технологии. 2006. 12. С. 28-31.
4. Wooldridge, M. Introduction to MultiAgent Systems / M. Wooldridge - England: JOHN WILEY & SONS, LTD, 2002

5. Gasser, L. MACE3J: Fast Flexible Distributed Simulation of Large, Large-Grain Multi-Agent Systems/L. Gasser, K. Kakugava [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.isrl.uiuc.edu/~gasser/papers/mace3j-aamas02-pap.pdf
6. Macal, C. Tutorial On Agent-Based Modeling And Simulation/ C.Macal, M.North // Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference pp.
7. Bellifemine F.L. Developing Multi-Agent Systems with JADE/ F.L. Bellifemine, G.Caire, D.Greenwood // England: JOHN WILEY & SONS, LTD, 2007
8. Fujimoto, R.M. Parallel and Distributed Simulation Systems/R.M.Fujimoto//USA: Wiley, 2000. 300 p.
9. Wooldridge, M. Intelligent agents: Theory and Practice. / M.Wooldridge, N.Jennings // Knowledge Engeneering Review. Vol 10, no. 2. ,pp. 115-152, Jun 1995.
10. Riley, A Distributed Agent Simulation EnvironmentWith Software-In-The-Loop Execution/P.F.Riley, G.F.Spades // Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference
11. Nance, R.E. Distributed Simulation With Federated Models: Expectations, Realizations And Limitations/R.E.Nance // Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference. pp. 1026-1031.
12. Fujimoto, R.M. Distributed Simulation Systems/ R.M. Fujimoto // Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference. pp. 124-134
13. Шахов, В.В. Анализ средств противодействия одному виду атак типа “отказ в обслуживании”/ В.В.Шахов, А.С.Родионов // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии, том 6, вып. 2. – С. 80-88.

***Подкоарытов Д.И.**, аспирант, d.podkorytov@ mail.ru - Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г.Новосибирск.*

УДК 504.064.37

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД И АЛГОРИТМ СЖАТИЯ МНОГОМЕРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

С.Г. Катаев, М.Ю. Катаев

Рассматривается математический метод и алгоритм сжатия многомерных временных рядов, основанный на методе выделения структур. Метод относится к кластерным подходам основанных на графах. Математический подход апробирован на анализе многомерных временных рядов поведения профилей концентрации углекислого газа для некоторых районов земного шара. Представлены результаты работы алгоритма и оценки точностных характеристик работы алгоритма.

Ключевые слова: многомерные временные данные, сжатие, поле содержания газа

Постановка задачи

Современные технические решения в области получения информации, в любых направлениях деятельности человека, позволяют добывать столько много информации, что сохранять ее становится сложно. Тем более, что в последствие эту информацию необходимо обработать и провести анализ полученных результатов. Поэтому задача сжатия информации является актуальной и необходимой для решения, внедрения в практику. Одним из направлений, где наблюдается избыточность добываемой и хранимой информации, является изучение атмосферы и поверхности Земли, а также климата. Для этих целей создаются банки данных о пространственно-временном распределении газовых составляющих, аэрозолей, термодинамических параметров атмосферы. К таким можно отнести центры хранения данных метеорологической информации NCEP (National Center for Environmental Prediction) и ECMWF (European Center Meteorological for Weather Forecast). Помимо таких глобальных центров, в отдельных научных организациях создаются программы расчета, хранения получаемой информации о разнообразных физических параметрах, которые изменяются во времени. К таким расчетам можно отнести решение транспортной задачи переноса газов в атмосфере [1]. Данного вида расчеты возможно использовать при решении разнообразных задач оптики и физики атмосферы, экологии. Подобные варианты сочетания – расчет, избыточный по данным, и применение в практике – встречаются достаточно часто, что и побудило авторов к разработке математического подхода, представленного в данной статье.

Одним из наиболее развитых подходов изучения таких наборов данных является разработка многопараметрических моделей [2]. Однако, на наш взгляд, такие модели несут в себе методические погрешности, связанные с выбором типа модели, количеством параметров, нелинейностью и множества других факторов, определяющих точность.