

## **АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ И ЗАДАЧИ РАЗРАБОТКИ ТОПОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗАТОРА СЕТЕВЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В СОСТАВЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**Мирошниченко К.В.**

Донецкий национальный технический университет  
кафедра компьютерной инженерии  
E-mail: kirmiro@gmail.com

### **Аннотация**

*Мирошниченко К.В. Анализ существующих решений и задачи разработки топологического анализатора сетевых динамических объектов в составе распределенной параллельной моделирующей среды. Рассмотрены современные распределенные параллельные моделирующие среды (РПМС), их преимущества и недостатки. Определены цели разработки специализированных РПМС. Рассмотрены функции топологического анализатора и взаимодействие с другими подсистемами РПМС согласно предложенному варианту декомпозиции. Проанализированы существующие работы в данной области и предложены варианты их улучшения и модификации для использования в составе разрабатываемой РПМС.*

### **Введение**

Различные области современной науки требуют наличия средств, которые позволяли бы проводить моделирование сложных динамических систем. Данные средства могли бы предсказать поведение системы и указать на возможные ошибки с достаточно большой точностью на раннем этапе ее разработки без проведения натурных экспериментов.

Сложными динамическими системами (СДС) называются такие физические системы, которые характеризуются целенаправленными изменениями определенных параметров во времени и математически могут быть описаны системой обыкновенных дифференциальных уравнений в форме Коши и нелинейных алгебраических уравнений.

Математическая модель СДС состоит из формального описания ее топологии и системы уравнений, которые определяют физическую природу динамических процессов.

Одним из видов СДС являются сетевые динамические объекты (СДО). К ним относятся вентиляционные сети шахт угледобывающей промышленности, которые описываются в виде графов. Ввод топологии подобных СДС, графическое визуальное представление элементов топологии и связей между ними, правильное кодирование и построение топологических характеристик, которые в явном или трансформированном виде входят в математическое описание системы, требуют значительных затрат времени квалифицированных экспертов данных предметных областей. Актуальным является автоматизация данного процесса и всесторонняя компьютерная поддержка. Данная работа посвящена разработке подсистемы топологического анализа (ПТА), которая позволит решать задачи, связанные с топологиями СДО в составе РПМС.

### **Анализ современных РПМС**

Распределенная параллельная моделирующая среда (РПМС) – это совокупность аппаратных средств, системного и прикладного программного обеспечения (ПО), совместное функционирование которых направлено на выполнение моделирования работы СДС.

Характерной особенностью РПМС является способность выполнять вычисления отдельных частей объекта одновременно и независимо друг от друга, т.е. параллельно.

Распараллеливание позволяет значительно ускорить процесс моделирования. Аппаратными средствами для этого выступают распределенные системы: компьютерные кластеры, Grid, параллельные структуры с использованием GPU.

На данный момент можно выделить следующие популярные РПМС:

1. Mathworks Simulink – дополнение к среде Mathworks MatLab для выполнения моделирования, симуляции и анализа СДС. Simulink имеет библиотеку с богатым набором элементов и возможностью их модификации и расширения. [1]
2. MSC Software EASY5 – среда для моделирования динамических физических систем, которая используется многими крупными компаниями для разработок в технической авиации, транспортных средствах, сельскохозяйственном оборудовании и других сложных системах, поведение которых описывается дифференциальными функциями первого порядка. [2]
3. Visual Solutions VisSim – визуальный язык программирования для встроженных микропроцессоров, предназначенный для моделирования и проектирования динамических систем, базирующийся на моделях. VisSim предлагает интуитивный интерфейс для создания блочных диаграмм и мощное моделирующее ядро. [3]
4. Modelica – объектно-ориентированный, декларативный моделирующий язык программирования для компонентно-ориентированного моделирования СДС. Для использования этого языка разработано несколько коммерческих сред, наиболее известным из которых является Dassault Systemes Dymola. [4]

Среды Simulink, EASY5 и VisSim относятся к блочно-ориентированным языкам моделирования. Описание объекта моделирования осуществляется построением уравнений, определяющих его поведение, в виде визуальной схемы. Элементами схемы являются блоки, которые выполняют различные операции: сложение, умножение, дифференцирование и т.д. Положительным качеством блочного подхода является то, что специалисту предметной области не нужно иметь знаний программирования для использования этих пакетов. Но этот подход хорошо использовать только тогда, когда исходная задача имеет небольшое количество уравнений. Однако, в ряде случаев, например, при моделировании шахтной вентиляционной системы, возникают проблемы уже другого характера: необходимость в создании блочной схемы, количество элементов которой может достигать нескольких сотен тысяч.

Дополнительные проблемы возникают еще и при использовании описанных средств на кластерах, так как требуется системное знание работы оборудования и навыки параллельного программирования.

Язык Modelica предусматривает иной подход – задача моделирования описывается, фактически, на специальном языке программирования. Его действительно можно использовать для решения СДО, подобных шахтным вентиляциям. Однако, есть другая отрицательная черта, которой были лишены предыдущие пакеты: пользователь должен сначала изучить этот язык, что в большинстве случаев является проблемой для людей, не связанных с компьютерной техникой.

Кроме того, все описанные системы являются универсальными, в связи с чем необходима предварительная подготовки всех уравнений, определяющих объект моделирования. В случае СДО, это достаточно сложная и трудоемкая для специалиста задача.

Таким образом, несмотря на существование мощных пакетов моделирования, по-прежнему требуется создание компьютерной поддержки ввода топологии и всех связанных с СДО параметров. Эту задачу, а также проблему подготовки введенных данных для дальнейшего генерирования уравнений и их решения, должна решать ПТА. Целью всей разрабатываемой РПМС в целом является полная автоматизация процесса моделирования, начиная с описания модели и заканчивая визуализацией результатов.

## Принцип декомпозиции РПМС на подсистемы

Факультет компьютерных наук и технологий Донецкого национального технического университета имеет практический опыт реализации параллельных моделей для таких вычислительных систем как MasPar, Intel Paragon, CRAY T3E, NEC SX8, что стало возможным благодаря длительному сотрудничеству со Штутгартским университетом Германии. Используя выработанные и развитые концепции, в основе которых лежит структура организации РПМС [5], была проведена декомпозиция всей РПМС на 10 подсистем, UML-диаграмма взаимодействия которых изображена на рис. 1.

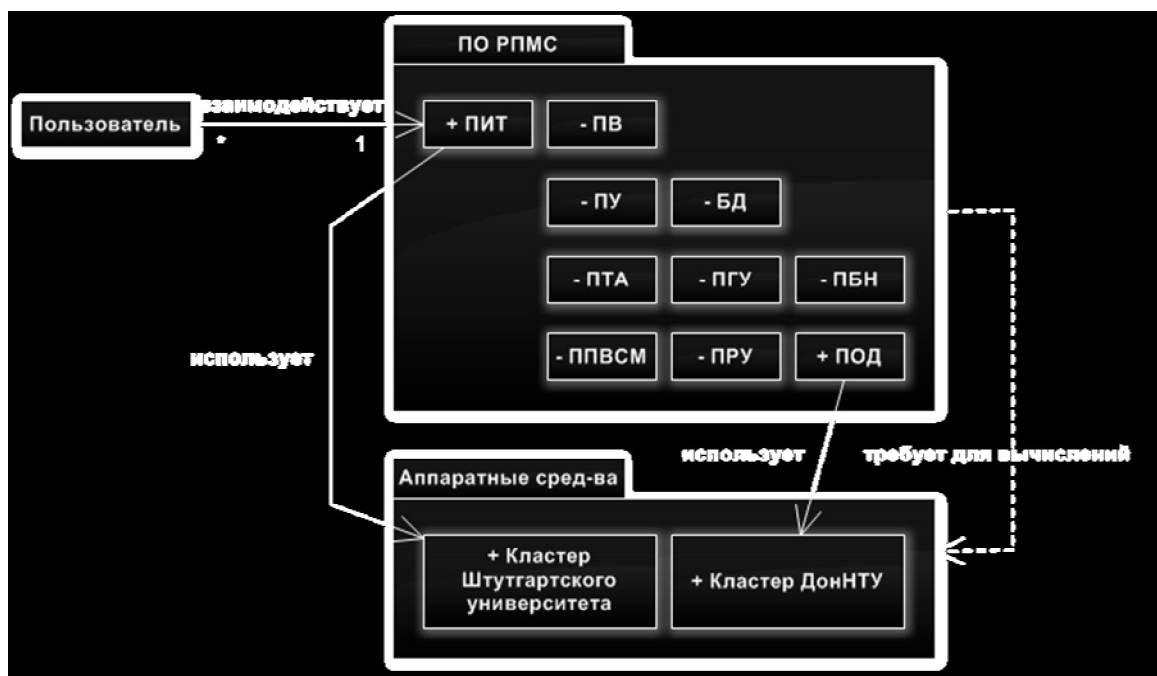


Рис. 1. Декомпозиция на подсистемы

Программное обеспечение РПМС состоит из следующих компонент: подсистема информационных технологий (ПИТ), подсистема визуализации (ПВ), подсистема управления (ПУ), база данных (БД), подсистема топологического анализа (ПТА), подсистема генерирования уравнений (ПГУ), подсистема параллельных виртуальных симуляционных моделей (ППВСМ), подсистема решения уравнений (ПРУ), подсистема балансировки нагрузки (ПБН), подсистема обмена данными (ПОД).

ПТА выполняет следующие функции:

1. Ввод исходных данных, описывающих топологию СДО и физические характеристики его компонент:
  - а) Получение топологии СДО в виде подготовленной структуры данных.
  - б) Чтение топологии из специализированного файла.
2. Процесс топологического анализа:
  - а) Дискретизация и аппроксимация исходной топологии.
  - б) Создание вторичной топологии и дополнение характеристик полученными в ходе дискретизации значениями.
  - в) Преобразование топологических единиц информации в удобный для генерирования уравнений вид.
3. Взаимодействие с другими подсистемами (UML-диаграмма рис. 2):
  - а) Получение исходных данных из БД посредством ПОД.
  - б) Выполнение функций с заданными параметрами, которые определяет ПУ на различных этапах работы РПМС.

- в) Передача данных в ПГУ.
- г) Сохранение результатов работы в БД посредством ПОД.

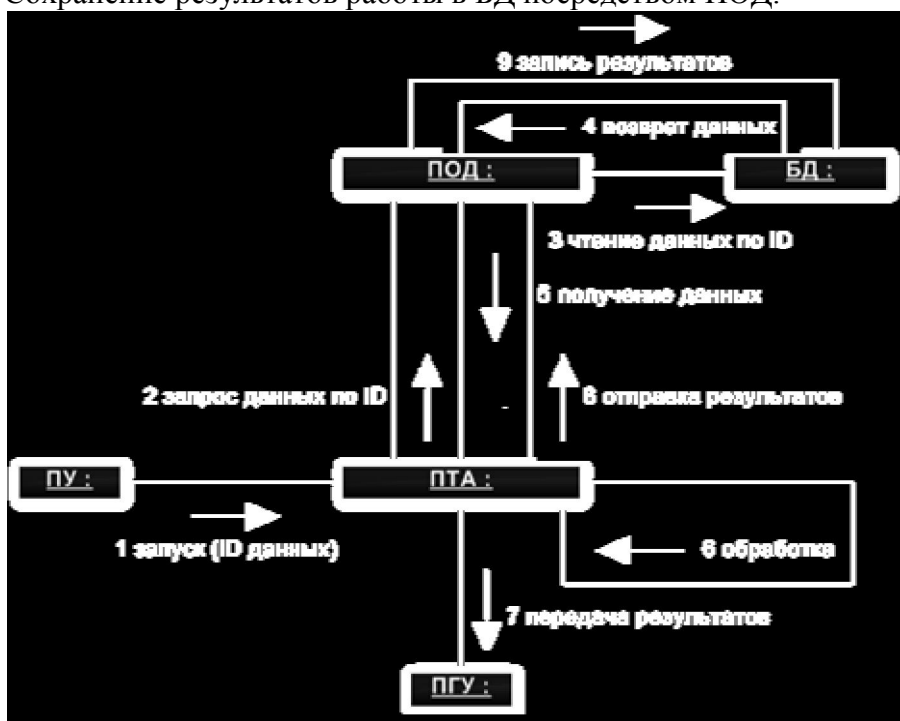


Рис. 2. Диаграмма взаимодействия ПТА с другими подсистемами

### Анализ существующих работ

Поиск существующих разработок топологических анализаторов СДО на международном уровне с использованием поисковых систем и таких ресурсов, как Max-Planck-Gesellschaft, The Computer Science Bibliography, Web of Knowledge, Engineering Information, ProQuest не дало никаких конкретных результатов. Найдены были лишь общетеоретические работы, не касающиеся СДО.

Национальный поиск дал несколько очень близких к теме работ ДонНТУ.

В работе [6] определены основные функции топологического анализатора, его модификация для СДО с распределенными параметрами, алгоритмы построения матрицы инцидентности и возможные методы аппроксимации ветвей графа.

Описанные в работе функции ПТА предусматривают тесное взаимодействие с пользователем благодаря использованию графического отображения графа СДО и средств диалоговой поддержки для его оперативного редактирования. В рамках предложенной декомпозиции ПТА (рис. 1) не имеет связи с пользователем, поэтому задача организации взаимодействия полностью возлагается на ПИТ, а графическое отображение исходных данных и результатов выполняется ПВ. Требуется разработка богатых средств и структур данных для двустороннего взаимодействия с данными подсистемами.

При вводе данных СДО нужен способ их представления в такой форме, которая бы объединяла формализацию связей, задания параметров и вербальное описание важных для данной предметной области компонент. Предложенный в работе [6] вид таблицы (таблица 1) подходит для решения данной проблемы, однако с учетом алгоритмов ПГУ возможна некоторая оптимизация представленных в ней данных.

Таблица 1 – Таблица описания топологии СДО

Начальный узел	Конечный узел	Номер ветви	Физические параметры ветви	Активный элемент	Описание
----------------	---------------	-------------	----------------------------	------------------	----------

ПТА должна представить исходные данные в вид, удобный для использования

генератором уравнений. Данный вопрос был решен преобразованием описания связей графа в виде модифицированной таблицы инцидентности, которая указывает связи начала и конца каждой ветви (таблица 2).

Таблица 2 – Модифицированная таблица инцидентности

	Q1		Q2		...		Qm	
	Q <sub>11</sub>	Q <sub>1M1</sub>	Q <sub>21</sub>	Q <sub>2M2</sub>	...	...	Q <sub>m1</sub>	Q <sub>mMm</sub>
UI	...	...	...	...	...	...	...	...

Недостатком такого представления является излишнее потребление памяти (и замедление поиска), так как более половины таблицы – нулевые значения. Предлагается использовать связанный список номеров ветвей для каждого узла (номер будет браться со знаком, определяющим направление ветви). Для новых структур данных, соответственно, потребуются разработка новых алгоритмов обработки.

### Выводы

Таким образом, в результате детального изучения темы топологического анализа было выяснено, что отсутствуют специализированные практические разработки анализаторов СДО, которые являлись бы частью РПМС и работали в ее составе. В работах ДонНТУ достаточно детально рассмотрен данный вопрос и разработаны некоторые алгоритмы, однако они не могут быть реализованы в виде подсистемы в РПМС с предложенной декомпозицией. Требуется разработка новых оптимальных структур данных, методов работы с ними и способов взаимодействия топологического анализатора с другими подсистемами.

### Литература

1. Simulation and Model-Based Design [Electronic resource] / Интернет-ресурс. – Режим доступа : [www/ URL: http://www.mathworks.com/products/simulink/](http://www.mathworks.com/products/simulink/). – Загл. с экрана.
2. Easy5 for Controls and Systems Simulation [Electronic resource] / Интернет-ресурс. – Режим доступа : [www/ URL: http://www.mscsoftware.com/Products/CAE-Tools/Easy5.aspx](http://www.mscsoftware.com/Products/CAE-Tools/Easy5.aspx). – Загл. с экрана.
3. VisSim [Electronic resource] / Интернет-ресурс. – Режим доступа : [www/ URL: http://www.vissim.com/](http://www.vissim.com/). – Загл. с экрана.
4. Modelica and Modelica Association [Electronic resource] / Интернет-ресурс. – Режим доступа : [www/ URL: http://www.modelica.org/](http://www.modelica.org/). – Загл. с экрана.
5. Святний В. А. Стан розробок та перспектива інтеграції перелелельних моделюючих середовищ з Grid-технологіями [Текст] / В. А. Святний, О. В. Молдованова, А. М. Чут // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія “Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка” (ІКОТ-2008). Випуск 9 (132). – Донецьк : ДонНТУ, 2008. – С. 103-110.
6. Молдованова О. В. Способи організації паралельних обчислень в задачах математичного моделювання шахтних вентиляційних мереж [Текст] : дис. ... канд. наук : 01.05.02 / Молдованова Ольга Володимирівна. – К., 2008. – 152 с