Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет»
ФГБОУ ВПО «ПГУ»

УДК 681.3

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе и
инновационной деятельности
С.М. Васин
« » 2021 г.

ОТЧЁТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Проектирование аппаратно-программного обеспечения специализированных вычислительных систем и сетей

(промежуточный)

Этап первый

Тематическийплан госбюджетных (инициативных) НИР на 2021-2025 г.
(утвержден приказом ректора № 1051/0 от 30.12.2020)
Приоритетное направление «Информационно-телекоммуникационные системы.»

Научный руководитель,
д.т.н., профессор _____ М.А. Митрохин

Пенза 2021

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Раздел 1 профессор Митрохин М.А., доценты Карамышева Н.С., Синев М.П., Федюнин Р.Н., аспирант Сазыкина В.Д., студенты Лехов К.А., Сперанский Д.Д., Федяшов М.С., Горынина А.; Семенов А., Щеголихин Я.П., Нешко Д.О., Сафронова В., Забродина К.

Раздел 2 профессор Дубинин В.Н., доцент Бычков А.С, аспирант Войнов А.С., студенты Каев В.Ю., Дубинин А.В.,. Печаткин К.В.

Раздел 3 профессор Коннов Н.Н., инженер Коннов М.Н., аспирант Патунин Д.В,, студенты Артемов И.В., Садовников Г.П.

Раздел 4 профессор Зинкин С.А., доцент Карамышева Н.С., студенты Шеянов Н.Н., Федяшов М.С., Горынина А. В., Свищев Д. С.

РЕФЕРАТ

Отчет 19 с., 29 источника.

ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ, ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ, ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ, ОНТОЛОГИИ, КИБЕРФИЗИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, ТРАФИК, ВИРТУАЛИЗАЦИЯ, МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ, ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ АГЕНТЫ, РАСПРЕДЕЛЕННОГО ПРИЛОЖЕНИЯ.

Объект исследования:специализированные распределенные вычислительные системы и сети.решающиезадачи реального времени.

Цель выполнения НИР: Создание математического и программно-аппаратного обеспечения специализированных распределенных вычислительных систем и сетей.

Методы исследования.Проведённые в работе исследования базируются на теории конечных автоматов и сетей Петри, алгебре множеств, исчислении предикатов, методов искусственного интеллекта и методологии проектирования распределённых информационно-управляющих систем.

Полученные результаты НИР:

1) Определено направление дальнейших исследований в области проектирования математического и программно-аппаратного обеспечения специализированных распределенных вычислительных систем и сетей:
   - Создание математического и программного обеспечения анализа данных методами искусственногоинтеллекта для решения прикладных задач.
   - Разработка комплексного научно-методического подхода к моделированию, проектированию и реализации ответственных интеллектуальных распределенных компонентно-базированных систем управления для промышленных киберфизических систем на основе технологий онтологического инжиниринга.
   - Разработка методов повышения эффективности передачи разнородного трафика и обеспечение гарантированной доставки сообщений в компьютерных сетях за счет создания новых методов и алгоритмов диспетчеризации и анализа трафика.
   - Создание технологии, прототипного математического и программного обеспечения виртуализированных распределенных вычислительных систем.
2) Предложена архитектура проекта приложения для сбора и анализа тестовой информации пользователей социальных сетей.

3) Предложен метод, основанный на применении генеративно-состязательных нейронных сетей (GAN) в задачах обнаружения движущихся объектов в видеопотоке.

4) Проработан подход к разработке чат-бота - ассистента, который способен фиксировать метрологические измерения.Разработана модель построения диалоговой системы для упрощения и ускорения выполнения метрологических измерений.

5) Предложен подход автоматической итерационной разметки набора данных для повышения эффективности нейронных сетей

6) Определена операционная семантика функциональных блоков киберфизических систем В стандарте МЭК 61499 с временными метками, отличающаяся использованием концепции развернутых одноуровневых систем, уникальными приоритетами элементов выполнения, унифицированным и независимым поведением интерфейсов.

7) Разработана онтология раскрашенных сетей Петри, моделирующих динамику работы, а также вопросы построения приложений для интерпретации сетевых моделей.

8) Предложен вариант онтологической модели киберфизической системы высокого уровня с использованием разработанной онтологической модели.

9) Предложен метод проверки и последующей модификации интеллектуальной сети на этапе проектирования.

10) Разработан предварительный (оценочный) вариант модели адаптивной алгоритма диспетчеризации с управление полосой пропускания с учетом реальной битовой скорости информационных потоков и различными выбора очереди для обс

11) Разработана программная модель многоканальной буферной памяти коммутатора Ethernet с. параметрической настройкой режимов буферизации.

12) Разработаны в пакете CPN Tools модели протокола временной синхронизации абонентов сети Ethernet PTP v1 и проведено исследование ее работоспособности

13) Предложена организация метакомпьютерных агентно-базированных сетевых распределенных вычислений, реализующих основные конструкции распределенного программирования.

14) Реализован прототип агентно-базированного метакомпьютера на платформах Java и JADE и проведенные его предварительные исследования.

Содержание

Введение 4
1.Проектирование интеллектуальных систем для решения практико-ориентированных задач..... 5
2.Разработка комплексного подхода к моделированию, проектированию и реализации ответственных интеллектуальных распределенных компонентно-базированных систем управления для промышленных киберфизических систем. 6
3.Методы и алгоритмы повышения эффективности передачи трафика в компьютерных сетях..... 11
4.Создание технологии, прототипного математического и программного обеспечения виртуализированных распределенных вычислительных систем 14
Публикации по тематики НИР 15

Введение

Цифровизация всех сфер человеческой деятельности продолжается уже в течение нескольких десятилетий, но в последние годы масштабы и интенсивность этих процессов существенно увеличились. Существует большое число направлений цифровизации, связанных с построением систем специального назначения. Такие системы применяются в наиболее важных сферах: обеспечении безопасности личности и государства, технологических процессах предприятий и организаций, медицине. Сложность в создании информационных систем специального назначения и их компонентов обуславливается: большими объемами информации, которые необходимо собирать, передавать, хранить и обрабатывать; требованием работы или в режиме реального времени или с минимальными задержками; высокими требованиями к обеспечению информационной безопасности. Все это обуславливает необходимость развития методов проектирование аппаратно-программного обеспечения специализированных вычислительных систем и сетей и делает актуальным рассмотрение совокупности взаимосвязанных задач:

15) Создание математического и программного обеспечения анализа данных методами искусственногоинтеллекта для решения прикладных задач.

16) Разработка комплексного научно-методического подхода к моделированию, проектированию и реализации ответственных интеллектуальных распределенных компонентно-базированных систем управления для промышленных киберфизических систем на основе технологий онтологического инжиниринга.

17) Разработка методов повышения эффективности передачи разнородного трафика и обеспечение гарантированной доставки сообщений в компьютерных сетях за счет создания новых методов и алгоритмов диспетчеризации и анализа трафика.

18) Создание технологии, прототипного математического и программного обеспечения виртуализированных распределенных вычислительных систем.

Решению указанных актуальных задач направлена настоящая научно исследовательская работа.

Целью первого этапа НИР является формированиеконцепции и определение подхода к формированиюметодов проектирования специализированных вычислительных систем и сетей.

При выполнении НИР будет использован научный задел, являющийся результатом научно-исследовательских работ по Тематическому планукафедральных (инициативных) НИР на 2017-2020 г. (утвержден приказом ректора№4а/о от 12.01.2017) «Разработка и исследование методов построения распределенных управляющих вычислительных систем для ответственных применений» и «Разработка методов анализа и синтеза высокопроизводительных систем и сетей с использованием моделей переходов состояний».

1.Проектирование интеллектуальных систем для решения практико-ориентированных задач

Цель исследований.Разработка концепции и методов проектирования интеллектуальных систем для решения практико-ориентированных задач.

Актуальность.Развитие математического аппарата и аппаратных платформ открывают новые возможности для внедрения интеллектуальных технологий в решение практических задач. Интеллектуальные алгоритмы обработки изображений, звука и гетерогенных данных позволяют автоматизировать рутинные операции, повысить эффективность решения задач. В настоящее время отсутствует универсальная методология по внедрению интеллектуальных решений в практическую деятельность. В каждом конкретном случае принимаются технологические решения, основанные на опыте и интуиции разработчика, что в отдельных случаях не позволяет достичь требуемой эффективности.

Создание универсальных рекомендаций, позволяющих не зависимо от отрасли знаний или специфики информационной системы выстраивать процесс интеллектуализации деятельности, который гарантированно позволит достичь эффективного решения является на текущий момент актуальной задачей.

Ожидаемые результаты. В качестве ожидаемых результатов данного направления можно указать создание методов и рекомендаций их использования по проектированию интеллектуальных систем и внедрению интеллектуальных решений в практическую деятельность, а также разработанные интеллектуальные алгоритмы для решения конкретных практических задач.

Планируемые задачи исследований.

1 Исследование применимости интеллектуальных технологий в отдельных видах практической деятельности

2 Оценка эффективности процесса внедрении и полученных результатов

3 Выработка универсальных рекомендаций и методов проектирования интеллектуальных систем

Имеющийся задел. К текущему моменту научный задел составляют полученные в процессе исследований новые методы обработки информации, теоретические положения, модели и способы построения систем и средств обработки информации. В частности, разработан метод прогнозирования плотности распределения информативных параметров сигналов, позволяющий учитывать в процессе принятия решения влияние внешних факторов и условий применения

средств обнаружения. Созданы отдельные элементы интеллектуальной мультисенсорной системы обработки гетерогенных данных, методы распознавания изображений. По результатам исследований было опубликовано более 30 научных работ, в том числе, в изданиях индексируемых в международной системе Scopus. Результаты исследований докладывались на 7 международных и всероссийских конференциях.

Характеристика конкретных результатов, полученных в 2021 г.

На примере решения ряда практических задач показаны возможности автоматизации различных сфер деятельности. В частности, разработаны методы обработки текстовой информации на примере решения задачи анализа текстовых сообщений социальной сети ВКонтакте [1]. Выявлено перспективное направление в решении задачи обнаружения движущихся объектов в видеопотоке [2]. Предложен метод, основанный на применении генеративно-состязательных нейронных сетей (GAN) в задачах прогнозирования кадров. Было проведено исследование одного из современных подходов реализации чат-бота – подход, основанный на формальных правилах, выделены особенности данного механизма, рассмотрены аналогичные боты-ассистенты.

[4, 5, 7]. Подход основан на поэтапной разметке больших наборов данных, заключающийся в дообучении нейронной сети на расширенном наборе данных, полученном за счет доразметки изображений нейронной сетью, обученной на предыдущем этапе.

2.Разработка комплексного подхода к моделированию, проектированию и реализации ответственных интеллектуальных распределенных компонентно-базированных систем управления для промышленных киберфизических систем.

Цель и задачи исследований.Целью исследования является разработка комплексного научно-методического подхода к моделированию, проектированию и реализации ответственных интеллектуальных распределенных компонентно-базированных систем управления для промышленных киберфизических систем (КФС) на основе технологий онтологического инжиниринга с использованием метода глубинного извлечения процессов, метода верификации Model checking, методов теории супервизорного управления и моделей функциональных блоков стандарта IEC 61499.

Актуальность.Одним из главных атрибутов четверной промышленной революции (известной также как «Индустрия 4.0») является широкое использование киберфизических систем (КФС). В связи с принятием концепции «Индустрия 4.0» как определяющей для развития промышленности будущего, возникает актуальная задача разработки методов и средств

проектирования систем данного класса. КФС представляют собой сложные комплексы, включающие в свой состав как мехатронную, так и кибернетическую части, в которых параллельно протекают процессы различной природы, тесно взаимодействующие между собой.

Важным подклассом КФС являются промышленные КФС, в которых физические системы включают датчики и исполнительные механизмы, а кибернетические (цифровые) системы основаны на использовании контроллеров и промышленных компьютеров. Примером промышленных КФС являются производственные системы, логистические системы, разумные сети электроснабжения Smart Grid и т.д. Отличительными свойствами промышленных КФС являются сложные динамические взаимодействия между элементами, подсистемами и окружающей средой, кооперация, изменчивость и реконфигурируемость, самоорганизация и автономность подсистем, что предполагает использование интеллектуальных функций управления.

Промышленные КФС управляются множеством интеллектуальных устройств, связанных коммуникационной сетью и взаимодействующих друг с другом для формирования интеллектуальных машин, промышленных и логистических систем. Таким образом, можно констатировать большую сложность промышленных КФС. С другой стороны, промышленные КФС являются ответственными системами. Это определяет особые требования к надежности и безопасности функционирования такого класса систем, необходимости включения в их состав систем безопасности, предотвращающей переход системы в опасные состояния, которые могут привести к поломке оборудования, человеческим жертвам, техногенным авариям и катастрофам.

Увеличение функциональной и структурной сложности современных промышленных КФС, с одной стороны, и повышение требований к ним как со стороны потребителей, так и со стороны проектировщиков, с другой стороны, указывают на необходимость пересмотра прежних принципов проектирования их систем управления.

Перспективным подходом, позволяющим формализовать семантику, интегрировать, комплексировать, верифицировать и трансформировать описания КФС любого уровня сложности и на всех уровнях их проектирования, является использование онтологий. Причем возможно как описание статики, так и динамики системы. На основе ризонинга для онтологических моделей возможна ограниченная верификация КФС. Однако одним из наиболее практически полезных методов верификации был и остается метод Model checking.

Для мониторинга, диагностики и обеспечения безопасного функционирования КФС перспективны относительно новый метод глубинного извлечения процессов (process mining) в сочетании с методами синтеза контроллеров безопасности на основе теории супервизорного управления. Если первый метод позволит построить формальную модель процессов на основе

журналов событий КФС и проверить соответствие текущего поведения этой модели, то второй метод позволит дополнить эту модель экспертными знаниями о системе, найти опасные состояния и сгенерировать контроллер безопасности, предотвращающий переход системы в эти состояния.

Наиболее перспективным подходом к реализации распределенных систем управления промышленными процессами на сегодняшний день является использование функциональных блоков международного стандарта IEC 61499.

Таким образом, проблемой, на решение которой направлен проект, является разработка комплексного научно-методического подхода к моделированию и проектированию ответственных интеллектуальных распределенных компонентно-базированных систем управления для промышленных КФС (таких, как разумные сети электроснабжения Smart Grid, производственные системы и т.п.) на основе технологий онтологического инжиниринга с использованием метода глубинного извлечения процессов, метода верификации Model checking, методов теории супервизорного управления и модели функциональных блоков стандарта IEC 61499.

Задачи исследования:

1) разработка научно-методического подход к онтологическому моделированию промышленных киберфизических систем (КФС);

2) разработка научно-методического подхода к проектированию промышленных киберфизических систем (КФС) на основе управления онтологиями (ontology-driven approach);

3) разработка методологии распределенного мониторинга, диагностики и обеспечения безопасного функционирования промышленных киберфизических систем (КФС).

В качестве промышленных киберфизических систем рассматриваются, например, такие классы систем, как разумные сети электроснабжения Smart Grid, цифровые энергетические подстанции IEC 61850 и производственные системы.

Ожидаемые результаты научного исследования:

1) Научно-методический подход к онтологическому моделированию промышленных киберфизических систем, особенностью которого является: а) использование онтологических моделей на всех этапах жизненного цикла промышленных киберфизических систем; б) представление с помощью онтологий всех компонентов промышленных киберфизических систем – как кибернетической, так и физической частей, а также их взаимодействий; в) представление динамики функционирования промышленных киберфизических систем как последовательности изменений онтологической модели;

2) Научно-методический подход к проектированию промышленных киберфизических систем на основе управления онтологиями (ontology-driven approach), особенностью которого является: а) использование онтологических паттернов для проектирования и реализации; б) использование правил трансформации онтологий; в) использование методов выравнивания и отображения онтологий;

3) Методология распределенного мониторинга, диагностики и обеспечения безопасного функционирования промышленных киберфизических систем на основе: а) метода глубинного извлечения процессов (process mining); б) функционально-блочного подхода к реализации проверки соответствия (conformance checking), в котором используются функциональные блоки IEC 61499; в) теории супервизорного управления для синтеза контроллеров безопасности и г) автоматически генерируемой компонентно-базированной реализации SCADA (включая человеко-машинный интерфейс).

Имеющийся задел. Разработаны:

1) абстрактный синтаксис и операционная семантика систем функциональных блоков стандарта IEC 61499 на основе машин абстрактных состояний;

2) методика верификации систем функциональных блоков IEC 61499 на основе метода Model Checking;

3) методика определения поведенческой эквивалентности сетей Петри на основе метода Model checking;

4) подход к автоматической генерации систем управления киберфизическими системами на основе трансформации онтологий физических частей системы;

5) метод опережающих вычислений в системах функциональных блоков IEC 61499;

6) модель иерархических модульных недетерминированных автоматов и методика их преобразования в управляющие программы ПЛК на языках LD и FBD;

7) графовые трансформации недетерминированных автоматов для проведения детерминизации и других преобразований;

8) формальная модель селектирующих автоматов для спецификации и выборки деталей в системах сортировки и метод их реализации на основе функциональных блоков IEC 61499;

9) система вывода графов, определяющая процесс порождения структур систем функциональных блоков IEC 61499 из конечно автоматной спецификации селектируемых последовательностей деталей;

10) сетевые модели алгоритмов выполнения операций открытия и закрытия распределенных семафоров, основанных на алгоритмах Paxos и Raft, реализованные в системе CPN Tools;

11) библиотека функциональных блоков для реализации протоколов достижения консенсуса Paxos и Raft, а также распределенных семафоров на их основе для проектирования распределенных управляющих приложений со сложными видами взаимодействий в архитектуре IEC 61499;

12) подход к генерации систем управления Smart Grid на основе трансформации онтологий проектов; о) метод реализации недетерминированных и магазинных автоматов на основе функциональных блоков IEC 61499; п) формальное определение селектирующих А-сетей и метод их реализации на основе функциональных блоков.

Краткая характеристика конкретных результатов, полученных в 2021 г.

Определена операционная семантика систем ФБ МЭК 61499 с временными метками, отличающаяся использованием концепции развернутых одноуровневых систем, уникальными приоритетами элементов выполнения, унифицированным и независимым поведением интерфейсов ФБ[8].

Разработана онтология раскрашенных сетей Петри, которая была реализована в системе Protégé[9].

Предложен метод моделирования раскрашенных сетей Петри на основе онтологий и языка SPARQL. Рассматривается онтология раскрашенных сетей Петри, SPARQL-запросы, моделирующие динамику работы, а также вопросы построения приложений для интерпретации сетевых моделей[10].

Предложен способ использования системы HOL, основанной на логике высших порядков, для исследования недетерминированных автоматов классическими методами. Рассмотрен метод описания и моделирования недетерминированных автоматов на языке функционального программирования Moscow ML[11].

Предложен метод проверки и последующей модификации интеллектуальной сети на этапе проектирования. Для автоматизированного использования требуется создать сетевой шаблон, элементы которого будут присутствовать в любом конкретном случае реализации. Эту роль в нашем методе выполняет онтология SmartGrid [12].

Предложен вариант разработки онтологической модели киберфизической системы высокого уровня с использованием разработанной онтологической модели. Дано базовое формулярное описание онтологии высокого уровня в логическом языке предикатов. Реализации конкретных случаев киберфизических систем приведены на трех примерах: конвейерная система для обработки деталей на базе Festo, Smart Grids и Part Sequence Sorting System [13].

Предложен новый подход к автоматизации процесса сборки 3D структур. Проверка процедуры сборки использует формальные модели предикатов и логический язык вывода Prolog [14,15].

3.Методы и алгоритмы повышения эффективности передачи трафика в компьютерных сетях

Цель исследований является разработка алгоритмов диспетчеризации очередей в коммутаторах компьютерных сетей с поддержкой качества обслуживания, обеспечивающих более эффективное распределение сетевых ресурсов между различными классами трафика в условиях изменяющейся нагрузки, что позволитснизить вариацию задержки пакетов и ограничить ее величину, уменьшить пульсацию продвигаемого трафика, снизит вероятность переполнения буферов.

Актуальность.Проект посвящен современной и актуальной теме развития компьютерных сетей — совершенствованию процесса управления ресурсами коммутаторов с поддержкой качества обслуживания (QoS — Quality of Service): полосой пропускания, размерами буферной памяти в коммутаторах Ethernet. От эффективности алгоритмов управления трафика зависят такие параметры QoS, как задержка передачи кадров и ее вариации (джиттера), доля потерянных кадров, величины значения которых во многом определяют возможность передачи по сети изохронного трафика (мультимедийного, управляющих сообщений приложений реального времени).

Одним из важнейших механизмов QoS является диспетчеризация очередей в коммутаторах и маршрутизаторах, непосредственно определяющих джиттер и выделенную полосу пропускания.Наиболее распространённые взвешенные циклические алгоритмы диспетчеризации характеризуются непрогнозируемой величиной задержки пакетов, значительной пульсацией трафика, вызванных детерминистским характером алгоритмов диспетчеризации и методикой управления полосой путем установки длительности непрерывного обслуживания отдельных очередей без учета изменяющейся нагрузки. Несколько лучшие показатели являются « справедливые " алгоритмыWFQ и GPS. Однако алгоритм WFQ имеет существенные недостатки, связанные со сложностью реализации, а также с излишними задержками пакетов. Алгоритм GPS является идеализированным и его практическая реализация невозможна.

Известны работы авторовпосвященные алгоритму динамической диспетчеризации очередей, учитывающие время ожидания кадров в очередях (TSS). Данный алгоритм не в полной мере отвечает условиям эффективного распределения сетевых ресурсов, и сохраняет пульсацию трафика.Известный алгоритм динамической диспетчеризации очередей, учитывающий время нахождения кадра в очереди и ограничивающий время непрерывного обслуживания очередей

(DRR-TSS), который так же имеет недостаток, заключающийся в неполной компенсации пульсаций трафика.

Задачи исследования.Длярешение достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1) разработка адаптивных алгоритмов диспетчеризации, обеспечивающего более эффективныйпорядок обслуживания очередей и управление полосой пропускания с учетом реальной битовой скорости информационных потоков, текущих размеров очередей и общей загрузки канала;

2) исследование возможности применения алгоритмов искусственной нейронной сети для предсказания загрузки каналов и размеров очередей в целях оптимизации управления очередями,

3) разработка имитационных моделей алгоритмов адаптивной диспетчеризации с использованием математического аппарата иерархических временных цветных сетей Петри и инструментального средства CPN Tools;

4) оценка эффективности предложенных алгоритмов по сравнению с известными, используя методы имитационного моделирования

5) разработка алгоритмов «безджитторной» передачи асинхронного трафика реального времени и оценка его эффективности.

Ожидаемые результаты:

1) модель коммутатора с адаптивной диспетчеризацией очередей, реализованная в программном пакете CPN Tools;

2) нейронная сеть для предсказания загрузки каналов и размеров очередей, тестовые обучающие последовательности трафика;

3) модель коммутатора с диспетчеризацией очередей с нейросетевым предсказателем, реализованная в программном пакете CPN Tools;

4) результат экспериментальной проверки эффективности алгоритма по сравнению с ранее известными.

Таким образомпредлагается новый подход, в котором алгоритм управления полосой пропускания трафика будет работать внутри блока диспетчеризации очередей совместно с процедурой шейпинга (сглаживания) пульсаций.

Имеющийся научный задел.

1) имеется опыт имитационного моделирования классических и усовершенствованных алгоритмов диспетчеризации;

2) наличие отработанной библиотеки подсетей Петри, моделирующих различные компоненты коммутаторов;

3) разработаны и запатентованы алгоритмы динамической диспетчеризации очередей в коммутаторах с поддержкой качества обслуживания, ограничивающий время непрерывного обслуживания очередей (усовершенствованию которого будет направлен настоящий проект) и алгоритм стохастической диспетчеризации (отдельные элементы которого предполагается использовать в проекте) ;

4) разработан алгоритм, обеспечивающий измерение мгновенной скорости трафика отдельных классов в телекоммуникационном оборудовании и его имитационная модель.

5) предложен метод организации «виртуального тайсслота»в сети коммутируемого Ethernet для ограничения джиттера пакетов.

Исследование эффективности и тестирование предполагаемых алгоритмов диспетчеризации очередей в коммутаторах компьютерных сетей производится путем их имитационного моделирования в программе CPN Tools. Выбор средства моделирования обоснован уже имеющимися наработками и библиотекой подсетей прошлых лет

Краткая характеристика конкретных результатов, полученных в 2021 г

Разработан предварительный (оценочный) вариант модели адаптивной алгоритма диспетчеризации с управление полосой пропускания с учетом реальной битовой скорости информационных потоков и различными выбора очереди для обслуживания (циклический, учет максимальной задержки пакета или текущего размера очереди.Проведена оценка их эффективности по сравнению с известными, показывающая их преимущества в части снижения максимальной задержки при изменении загрузки канала коммутатора [16,17,20].

Разработана программа в пакете CPN Tools для моделирования алгоритмов управления переполнением очередей в коммутаторах Ethernet.Программа позволяет исследовать функционирование таких алгоритмов управления очередями, как «Отбрасывание конца очереди» (TailDrop), и «Случайное Раннее Отсечение» (RED) и «Взвешенное Случайное Раннее Отсечение» (WRED). Настройка модели на конкретный алгоритм выполняется параметрически[21].

Разработана программная модель многоканальной буферной памяти коммутатора Ethernet. Параметрической настройкой программы можно моделировать такие алгоритмы буферизации продвигаемых кадров в коммутаторе как промежуточное хранение (Store and forward), «на лету» (Cut-through) и бесфрагментный (Fragment-free). Применена компактная реализация цветной временной подсети Петри, моделирующей многоканальную буферную память, в которой количество сетевых компонент (позиций и переходов) не зависит от количества моделируемых

каналов. Это обеспечивает простору модели, хорошую маштабируемость и увеличивает производительность моделирования [18,19].

Разработаны в пакете CPNToolsмодели протокола временной синхронизации абонентов сети EthernetPTPv1 и проведено исследование ее работоспособности. Эти модели нужны для оченки эффективности применения в протоколе PTP разрабатываемых алгоритмов «безджитторной» передачи асинхронного трафика[22-24].

4.Создание технологии, прототипного математического и программного обеспечения виртуализированных распределенных вычислительных систем

Актуальность и цели НИР. Несмотря на то, что к настоящему времени были разрабо-таны новые масштабируемые архитектуры для распределенных вычислительных систем, содержащих сотни и тысячи компьютеров, задача создания прозрачного программного обеспечения уровня “middleware” является актуальной. Ретроспективная цепочка совре-менных технологий включает облачные, грид и метакомпьютерные технологии, а также различные варианты коммунальных вычислений. Особый интерес представляет создание метакомпьютерных технологий масштаба Интернета, апробированных при завершении ряда известных исследовательских проектов. Большой и трудно решаемой проблемой при реализации распределенных вычислений остается организация эффективного управления огромным количеством ресурсов, которые доступны в сетевой среде, развернутой на большой площади. Объектом исследования настоящей работы являются метакомпьютерные системы, реализованные на основе глобальных сетей, а предметом исследования – организация управления глобальными вычислительными процессами в сетях на основе метакомпьютерной технологии. Соответственно, целью исследования является такое совершенствование данной технологии, которое позволит рассматривать сеть с заданной коммуникационной инфраструктурой как единый ресурс с возможной организацией произвольных распределенных алгоритмов.

Планируемые задачи исследований. Исследования планируется выполнить на основе применения логических моделей искусственного интеллекта, построения и программной реализации концептуальной модели распределенных вычислений, реализуемой в виртуальной метакомпьютерной среде, являющейся результатом интеграции сетевых, грид и облачных систем с агентно-базированными системами.

Ожидаемые результаты. Планировалось предложить организацию метакомпьютерных агентно-базированных сетевых распределенных вычислений, реализующих основные конструкции распределенного программирования, где сеть рассматривается реально как компьютер с распределенным программным управлением (message-driven computing), а не как средство

реализации простейших клиент-серверных или master-slave приложений. Модули, или интеллектуальные агенты, распределенного приложения способны работать как в реактивном режиме, ожидая прием данных и передачу управления, так и в проактивном режиме, запрашивая данные и управление от предшествующих модулей (агентов).

Имеющийся задел. Ранее была предложена методика построения абстрактной обобщенной концептуальной модели функциональной архитектуры агентно-ориентированной распределенной вычислительной системы с переменной структурой и мобильным программным обеспечением на базе сети машин Тьюринга, позволяющая раз-работчикуоценивать свойства и определять состав программного обеспечения РВС данного типа. Предположено, что на практике такая модель пригодна также для реализации на ее основе прототипного программного обеспечения систем распределенной и параллельной символьной мультиобработки данных.

Характеристика конкретных результатов, полученных в 2021 г.

Предложена организация метакомпьютерных агентно-базированных сетевых распределенных вычислений, реализующих основные конструкции распределенного программирования, где сеть рассматривается реально как компьютер с распределенным программным управлением (message-drivencomputing), а не как средство реализации простейших клиент-серверных или master-slave приложений.

Реализован прототип агентно-базированного метакомпьютера на платформах Java и JADE. Проведенные на сети предварительные эксперименты позволили подтвердить работоспособность метакомпьютерного приложения и его способность к масштабированию и расширению функциональных возможностей вплоть до свойств облачно-сетевых технологий AaaS (Agent as a Service) и FaaS (Function as a Service).

Результаты, полученные в 2021 году опубликованы в журналах ВАК и Scopus [26-28]:

Публикации по тематики НИР

1. Лехов К.А., Сперанский Д.Д., Митрохин М.А., Карамышева Н.С. Система извлечения и анализа текстовых данных из социальных сетей для образовательного учреждения. Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2021. № 1 (37). С. 128-136.

2. Сазыкина В.Д., Митрохин М.А. Метод обнаружения движущегося объекта в видеопотоке с использованием нейронных сетей. Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2021. № 3 (39). С. 144-152.

3. Trokoz, D.A., Mitrohin, M.A., Sinev, M.P., Neshko, D.O., Sivishkina, N.O. Virtual assistant constructing method for metrological measurements. Journal of Physics: Conference Seriesthis link is disabled, 2021, 1889(2), 022065

4. Schegolihin, Y., Mitrohin, M., Sazykina, V., Semenkin, M. Gradual Labeling of the Training Set to Improve the Efficiency of Image Detection by a Neural Network on the Example of License Plate Recognition. Conference of Open Innovation Association, FRUCTthis link is disabled, 2021, 2021-May, стр. 307–312, 9435602

5. Щеголихин Я.П., Нешко Д.О., Бычков А.С., Федюнин Р.Н., Калиниченко Е.И. Использование нейронных сетей на Raspberry // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы.сборник статей по материалам VIII Всероссийской межвузовской научно-практической конференции. Пенза, 2021 С. 53-56.

6. Лехов К.А., Сперанский Д.Д. Митрохин М.А. Задачи и инструменты мониторинга контента соцсетей. // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы.сборник статей по материалам VIII Всероссийской межвузовской научно-практической конференции. Пенза, 2021 С. 166-168.

7. Neshko D., Sinev M., Semenov A., Karamysheva N., Trokoz D. Virtual assistant for remote submission of applications for enrollment in educational organizations // CEUR Workshop Proceedings. 2. Сер. "ITIDMS-II-2021 - Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference "Information Technologies and Intelligent Decision Making Systems"" 2021. С. 82-89

8. Drozdov D., Dubinin V., Patil S., Vyatkin V. A formal model of IEC 61499-based Industrial automation architecture supporting time-aware computations // IEEE Open Journal of the Industrial Electronics Society. – 2021. - № 2. – P. 169-183.

9. Каев В.Ю., Дубинин В.Н., Бычков А.С. Онтологическое моделирование раскрашенных сетей Петри // Сб. ст. VIII Ежегодн. всеросс. межвуз. науч.-практ. конф. «Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы (ВМНПК – 2021)», Пенза, 2021. – С. 150-153

10. Каев В.Ю., Дубинин В.Н. Моделирование раскрашенных сетей Петри с использованием языка SPARQL // Сб. тр. IV Международного научно-технического форума «Современные технологии в науке и образовании» (СТНО-2021): в 10 т. Том 4. Рязань, 2021. – С. 212-217.

11. Дубинин А.В., Печаткин К.В., Дубинин В.Н. Моделирование и тестирование недетерминированных автоматов с использованием языка Moscow ML в системе HOL // Сборник научных статей Международной научно-технической конференции "Современные информационные технологии", Пенза, 2021, вып. 33. – с. 5-16.

12. Voinov, A. Senokosov, I. Smart Grid model verification method //Journal of Physics: Conference Seriesthis link is disabled, 2021, 2001(1), 012003.

13. Voinov A., Senokosov I Ontological models of cyber physical systems // Journal of Physics: Conference Seriesthis link is disabled, 2021, 1889(2), 022064.

14. Войнов А.С., Сенокосов И.В. Онтология киберфизической системы на примере модели системы Festo MPS-500 // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы.сборник статей по материалам VIII Всероссийской межвузовской научно-практической конференции. Пенза, 2021. С. 25-27.

15. Voinov, A. Senokosov, I The Assembly Processes Automation Methodology According to the IEC 61499 Standard on the LEGO Example//Lecture Notes in Networks and Systemsthis link is disabled, 2021, 229, стр. 694–702.

16. Patunin, D., Konnov, N., Mitrokhin, M. Modeling a queue scheduling algorithm in network switches using bitrate measurement //CEUR Workshop Proceedings. 2. Сер. "ITIDMS-II-2021 - Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference "Information Technologies and Intelligent Decision Making Systems"" 2021. p. 44–51.

17. Патунин Д.В. Оценка эффективности алгоритма диспетчеризации очередей с измерением мгновенной битовой скорости// Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы.сборник статей по материалам VIII Всероссийской межвузовской научно-практической конференции. Пенза, 2021 С. 42-45.

18. Артемов И. В., Патунин Д. В. Коннов М. Н. Модель многоканальной буферной памяти сетевого коммутатора // Вестник Пензенского государственного университета, № 3,2021. С. 78-84.

19. Артемов И.В. Коннов М.Н., Патунин Д.В. Модель многоканальной буферной памяти сетевого коммутатора Инжиниринг и технологии , 2021. – Vol.6(1) DOI 10.21685/2587-7704-2020.

20. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2021619559 Модель алгоритма диспетчеризации очередей на основе измерения мгновенной битовой скорости потоков в коммутаторах Ethernet с поддержкой качества обслуживания / Патунин Д. В. КонновН.Н.Митрохин М.А. Заявка 2021619559 от 21.06.2021. Дата регистрации: 25.06.2021.

21. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2021611401 Модель алгоритмов управления очередями в коммутаторах Ethernet / Артемов И.В. Коннов Н.Н., Патунин Д.В. Заявка № 2021611401 от 10.02.2021 Дата регистрации: 15.02.202

22. Садовников Г.П. Сеть Петри, моделирующая протокол PTP // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы.сборник статей по материалам VIII Всероссийской межвузовской научно-практической конференции. Пенза, 2021

23. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2021660733 Модель протокола PTP / Садовников Г.П. Коннов Н.Н. Заявка № 2021619548 от 21.06.2021. Дата регистрации: 01.07.2021

24. Садовников Г.П. Коннов М.Н. Модель синхронизации времени в компьютерной сети // Новые информацион-ные технологии и си-стемы : сб. науч.ст. по материалам XVIII Междунар. науч.-техн. конф. (г. Пенза, 24–26, ноября 2021 г.). – Пенза : Изд-во ПГУ, 2021. С 45-49,

25. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021660619 Модель сетевой синхронизации на основе протокола PTP / Коннов М. Н., Коннов Н. Н., Г.П, Садовников – Заявка : 2021619594 от 21.06.2021. Датарегистрации: 29.06.2021.

26. S. A. Zinkin, V. I. Volchihin, M. S. Jaafar and N. S. Karamysheva, " Synthesis of theFunc-tional Architecture of Agent-based Computing Systems when Using Conceptual Models of Artificial Intelligence"// Proc. of the 2020th International Conference on Engineering Man-agement of Communication and Technology (EMCTECH), Vienna, Austria. Publisher: IEEE 2021. – P. 1-6.

27. Волчихин, В. И. Концептуальные модели функциональной архитектуры мобильных реконфигурируемых агентно-ориентированных распределенных вычислительных си-стем / В. И. Волчихин, С. А. Зинкин, Н. С. Карамышева // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2021. – № 4 (5

28. Карамышева Н.С., Шеянов Н.Н., Федяшов М.С. Кучин А.В., Метод конвертации программ, написанных на языке программирования С, в конечный автомат //в сборнике: информационные технологии в науке и образовании.проблемы и перспективы. Сборник статей по материалам viii всероссийской межвузовской научно-практической конференции.пенза, 2021. с. 33-36.