Информация по проекту по теме «Разработка мультиагентной технологии управления распределенными гетерогенными вычислительными ресурсами для адаптивной балансировки загрузки устройств в реальном времени».

Руководитель: Граничин Олег Николаевич.

Соглашению о предоставлении субсидии от «17» июня 2014 года № 14.604.21.0035.

Статус проекта: Текущий.

В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии «17» июня 2014 года № 14.604.21.0035 с Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014- 2020 годы» на этапе № 1 в период с «17» июня 2014 года по «31» декабря 2014 года выполнялись следующие работы:

* Обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках ПНИ.
* Патентное исследование
* Исследование методов, алгоритмов и протоколов для управления распределенными гетерогенными вычислительными устройствами при распределении нагрузки в реальном времени
* Разработаны классы агентов системы управления распределенными вычислительными ресурсами, алгоритмы функционирования и принятия решений агентами по распределению задач между вычислительными устройствами
* Участие в мероприятиях, направленных на освещение и популяризацию промежуточных и окончательных результатов ПНИ (конференции, семинары, симпозиумы, выставки и т.п., в том числе международные.
* Разработано техническое задание на разработку визуальных компонент прототипа мультиагентной системы управления распределенными гетерогенными вычислительными ресурсами.

При этом были получены следующие результаты:

Выполненный обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках ПНИ, показал, что задачи управления и распределенного взаимодействия в гетерогенных сетях динамических систем привлекают в последнее десятилетие все большее число исследователей. Во многом это объясняется широким применением мультиагентных систем в разных областях. Несмотря на большое количество публикаций по этой тематике, пока удовлетворительные решения получены лишь для ограниченного класса практически важных задач, так как решение таких проблем существенно усложняется, с одной стороны, из-за обмена неполной информацией, которая, кроме того, обычно измеряется с задержками и помехами, а, с другой, из-за эффектов квантования (дискретизации), свойственных всем цифровым системам. Задачи эффективного распределения задач (балансировки загрузки узлов), в том числе, задачи балансировки вычислительных сетей, в литературе встречаются достаточно часто, что говорит об их актуальности. При динамических внешних изменениях состояний агентов с течением времени (поступлении новых заданий и т. п.) алгоритмы стохастической аппроксимации с уменьшающимся до нуля размером шага неработоспособны. Указанные проблемы актуализируют необходимость исследования свойств алгоритма типа стохастической аппроксимации при малом постоянном или не уменьшающемся до нуля размере шага при нелинейной постановке задачи в условиях случайно изменяющейся структуры связей в сети и наблюдениях со случайными задержками и помехами. Указанные проблемы актуализируют необходимость создания перспективных технологий управления распределенными гетерогенными вычислительными сетевыми ресурсами для эффективного распределения вычислительных задач (балансировки загрузки) с применением мультиагенных технологий. Кроме того, проведен обзор современных международных стандартов создания агентов и платформы МАС, средств разработки МАС, эталонной модели среды открытых систем, базовой эталонной модели взаимосвязи открытых систем.

После проведения анализа существующих патентов, систем динамической балансировки нагрузки в гетерогенных вычислительных сетях был сделан вывод, что на данный момент нет полных аналогов предлагаемой мультиагентной технологии управления распределенными гетерогенными вычислительными ресурсами для адаптивной балансировки загрузки устройств в реальном времени, построенной с применением мультиагентных адаптивных алгоритмов распределения нагрузки по поступающим запросам для обработки задач в реальном времени. Кроме того, тенденции имеющихся на рынке разработок подтверждают правильность выбранного направления, поскольку демонстрируют появление новых более интеллектуальных возможностей управления ресурсами крупномасштабных вычислительных сетей при распределении задач в реальном времени. Среди имеющихся на рынке систем динамической балансировки нагрузки в сетях следует выделить, прежде всего Google Compute Engine, Citrix NetScaler, Elastic Load Balancing – Amazon Web Service, работа этих систем направленна на автоматическое распределение трафика приложений. Также выделено несколько запатентованных систем в различных странах предназначенные для распределенных вычислений общего назначения. Можно утверждать, что на данном этапе исследования рассмотренные системы являются ближайшими аналогами разрабатываемой по контракту системы адаптивного распределения нагрузки по поступающим запросам для обработки задач в реальном времени. Анализ направлений развития систем динамической балансировки нагрузки в гетерогенных вычислительных сетях показал, что наиболее перспективной тенденцией является реализация выравнивания нагрузки с помощью мобильных агентов, перемещающихся между вычислительными узлами, отслеживающих их состояние и управляющих порядком перераспределения поступающих задач между вычислительными ресурсами.

Исследование методов, алгоритмов и протоколов для управления распределенными гетерогенными вычислительными устройствами при распределении нагрузки в реальном времени показало, что несмотря на большое количество публикаций по этой тематике, пока удовлетворительные решения получены лишь для ограниченного класса практически важных задач, так как решение таких задач существенно усложняется, с одной стороны, из-за обмена неполной информацией, которая, кроме того, обычно измеряется с задержками и помехами, а, с другой, из-за эффектов квантования (дискретизации), свойственных всем цифровым системам. Указанные проблемы актуализируют необходимость создания перспективных технологий управления распределенными гетерогенными вычислительными сетевыми ресурсами для эффективного распределения вычислительных задач (балансировки загрузки) с применением мультиагенных технологий.

Разработаны новые распределенные мультиагентные алгоритмы для решения задач балансировки загрузки гетерогенных сетей при выполнении задач с разными приоритетами и усредненными стоимостными ограничениями использования каналов связи в условиях переменной топологии сети, помех и задержек в измерениях векторов состояний соседей.

Разработаны классы агентов системы управления распределенными вычислительными ресурсами, алгоритмы функционирования и принятия решений агентами по распределению задач между вычислительными устройствами. Архитектура системы, базовые классы, протоколы и мультиагентные алгоритмы описаны UML-диаграммами, в том числе диаграммами классов системы, диаграммами последовательности, описаны компоненты системы и их порядок их взаимодействия. Архитектурные и проектные решения прошла проверку на адекватность. Для проверки адекватности и точности было разработано приложение, реализующее отдельные программно-технические решения в состав прототипа мультиагентной системы управления, в том числе базовые классы агентов и сущностей, протоколы взаимодействия и алгоритмы мультиагентного перераспределения поступающих задач, разработаны несколько тестовых сценариев и проведены исследования. Результаты исследований показали, что созданные в результате выполнения первого этапа работ прикладных научных исследований отдельные программно-технические решения в состав прототипа мультиагентной системы управления и заложенные в них технологические решения обеспечивают возможность адаптивного перераспределения задач в сетях вычислительных ресурсов и возможность обработки задач в соответствии с требованиями Технического задания.

Разработано техническое задание на разработку визуальных компонент системы управления распределенными вычислительными ресурсами для динамического планирования вычислительных задач в реальном времени.

Программно-технические решения в состав прототипа мультиагентной системы управления, созданные в рамках первого этапа работ, обеспечивают возможность моделирования динамического перераспределения задач посредством взаимодействия агентов ресурсов, что позволяет гибко реагировать на непредвиденные события, возникающие (моделируемые на первом этапе) в условиях работы сетевых систем обработки и хранения данных, что позволяет планировать, оптимизировать и контролировать распределение ресурсов и работу вычислительной системы в режиме реального времени. Моделирование позволяет проводить симуляции сценариев, анализировать реакции и упреждающие воздействия системы в ответ на непредвиденные события.

В целях освещения результатов интеллектуальной (научно-технической) деятельности, полученных в рамках проекта федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный университет" совместно с обществом с ограниченной ответственностью «НПК «Разумные решения» осуществляют деятельность по популяризации полученных результатов в научно–популярных изданиях и конференциях, таких как XII Всероссийское совещание по проблемам управления (16-19 июня 2014 г., Москва), Экономическая миссия делегации Самарской области в Республику Корея, г. Сеул (15-20 сентября 2014 г.), конференция "Теория активных систем" (ТАС-2014) г. Москва, (17-19 ноября 2014), Форум «Открытые инновации» (31 октября-2 ноября 2014 г.), Международный инновационный форум «Пуцзян» (22-28 октября 2014 г.), 2014 IEEE International Symposium on Intelligent Control, Antibes, France (8-10 октября 2014 г.), 53st IEEE Conference on Decision and Control, Los Angeles, California, USA (15-17 декабрь 2014 г.), 20th EUNICE Conference and Summer School Rennes, France, (1-5 сентября, 2014), экономическая миссия делегации Самарской области в Республику Корея, г. Сеул (15-20 сентября 2014 г.), Молодежная школа практикум компании Intel «Компьютерный континуум-2014» (25-30 августа) с представлением результатов в области робототехники и результатов проекта, в конкурсе «The Intel Cup Undergraduate Electronic Design Contest- Embedded System Design Invitation Contest» ESDC 2014, в котором коллектив исполнителей из СПбГУ получил третий приз, в конкурсе видеороликов на тему «Теория управления» на конференции MSC 2014, Antibes, France (8-10 октября 2014 г.), конференция «Реализация ПНИЭР по приоритетному направлению «Информационно-телекоммуникационные системы» в 2014 году в рамках ФЦП «Исследования и разработки 2014-2020».

Результаты исследования освещены в интернет журнале STRF наука и технологии РФ: <http://strf.ru/material.aspx?CatalogId=222&d_no=87231#.VHLnRYusWSp>.

По результатам исследований подготовлено несколько публикаций, в частности, три научных статьи в изданиях, которые индексируются в Scopus и Web of Science и одна статья в научно-популярном журнале:

* Amelina N., Granichin O., Granichina O., Ivanskiy, Y., Jiang Y. [Differentiated consensuses in a stochastic network with priorities](../../%D0%AD%D1%82%D0%B0%D0%BF%201%20%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F%20%D0%BE%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C%20%D0%B2%D0%B5%D1%802/papers/MSC2012_0324.pdf)  // In: Proc. of the 2014 IEEE International Symposium on Intelligent Control, Antibes, France, October 8-10, 2014.
* Amelina N., Granichin O., Jiang Y. Differentiated consensuses in decentralized load balancing problem with randomized topology, noise, and delays // In: Proc. of the 53st IEEE Conference on Decision and Control, Los Angeles, California, USA, December 15-17, 2014.
* A. Chilwan, N. Amelina, Z. Mao, Y. Jiang, and D.J. Vergados Consensus Based Report-Back Protocol for Improving the Network Lifetime in Underwater Sensor Networks // Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Proc of 20th EUNICE Conference and Summer School, Rennes, France, September 1-5, 2014.
* Амелин К.С., Амелина Н.О., Будаев Д.С., Граничин О.Н., Левин Е. С.Майоров И.В., Скобелев П.О. Невидимая революция // Суперкомпьютеры.