

УДК 004.75

Р. Ю. ЛОПАТКИН¹, Н. В. ЛЫСАК², С. А. ПЕТРОВ³, В. А. ИВАЩЕНКО¹

1. Институт прикладной физики НАН Украины, м. Сумы
2. Винницкий национальный технический университет, м. Винница
3. Сумский державный университет, м. Сумы

ПРОТОТИП МУЛЬТИ АГЕНТНОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация. В данной статье предложена архитектура мультиагентной вычислительной сети, использующей ресурсы персональной вычислительной техники (персональных компьютеров, ноутбуков, планшетов, смартфонов). Особенностью данной мультиагентной сети является отсутствие центрального узла управления, что позволяет повысить ее отказоустойчивость и отсутствие монополизации ресурсов компьютера являющегося ее элементом. Вычислительная сеть построена по принципу сервис-ориентированного подхода, в котором основным элементом является агент предоставляющий сети определенный сервис. Это позволяет гибко интегрировать новый функционал в систему за счет добавления нового сервиса путем имплементации новых агентов и описание их поведения. Предложенная структура мультиагентной вычислительной сети и описаны основные агенты и протоколы их взаимодействия друг с другом. Разработан унифицированный интерфейс представления задач для данной вычислительной сети.

Ключевые слова: Мультиагентная система, распределенные вычисления, сервисно-ориентированная архитектура

Анотація. У даній статті запропонована архітектура мультиагентної обчислювальної мережі, яка використовує ресурси персональної обчислювальної техніки (персональних комп'ютерів, ноутбуків, планшетів, смартфонів). Особливістю мережі є відсутність центрального вузлу керування задачами, що значно підвищує її відмово стійкість і окрім цього відсутня монополізація обчислювальних ресурсів відповідного комп'ютеру, що є елементом цієї мережі. Мультиагентна обчислювальна мережа побудована за принципом сервіс-орієнтованого проектування, в якій основним елементом є агент що надає мережі певний сервіс. Даний підхід дозволяє легко розбудувати мережу шляхом додавання в неї інших агентів та імплементації його взаємодії з іншими агентами. Також запропоновано загальний шаблон представлення обчислювальних задач.

Ключові слова: Мультиагентна система, розподілені обчислення, сервіс-орієнтована архітектура.

Abstract. In the current paper proposed architecture of multiagent computational network that uses resources of personal computing devices (personal computers, notebooks, tablets, and smartphones). A feature of this multi-agent network is the absence of a central control unit, which allows it to increase fault tolerance and lack of monopolizing computer resources by its element. The computer network is built on the service-oriented approach principle the main element is the agent who offers a service to network. This gives a flexibility to integrate new features into the system by add new service through the implementation of new agents and a description of their behavior. The proposed structure of the multi-computer network, and describes the main agents and their protocols. We design the unified interface presentation tasks for this computer network.

Keywords: Multi-agent system, distributed computations, service-based modeling.

Введение

В последнее время активно развиваются облачные и грид-технологии, в том числе для удовлетворения потребностей ученых в вычислительных ресурсах [1]. Однако в последнее время наблюдается тенденция удешевления вычислительных ресурсов, громадные ресурсы персональной вычислительной техники также потенциально могут быть задействованы для этих целей [2]. К такой персональной вычислительной технике, относятся настольные персональные компьютеры (далее - ПК), ноутбуки, планшетные компьютеры, мобильные телефоны.

Вычислительные ресурсы можно приобретать как сервис и при этом работа с этими ресурсами проста и не требует каких-то специальных действий или умений. При этом нет необходимости покупать дорогостоящее серверное оборудование, содержать квалифицированные кадры для его обслуживания, выделять отдельно помещение со специальными системами кондиционирования, электропитания, оповещения о недопустимых событиях (например, резкое повышение температуры из-за выхода из строя системы кондиционирования). Ресурсы можно покупать даже для вычисления любой отдельной задачи.

С другой стороны, если с подобной легкостью можно было бы объединять для вычислений существующие ресурсы ПК обычных пользователей, то это позволило бы привлечь громадные дополнительные вычислительные ресурсы.

Для оценки этих ресурсов был проведен мониторинг одного из сегментов локальной сети Института прикладной физики НАН Украины, в который входит одиннадцать компьютеров. На каждом компьютере был автоматически запущен агент мониторинга, который каждые 10 секунд передавал сервису мониторинга данные о загрузке процессора и памяти. Чтобы набрать достаточно данных для статистики мы наблюдали за исследуемой локальной сетью одну неделю, чтобы охватить рабочие и выходные дни.

В результате эксперимента было выявлено, что уже имеющиеся мощности ПК загружены в среднем примерно на 1%. Соответственно неполную загрузку можно расценивать как потерю ценных ресурсочасов. Согласно прогнозу аналитической компании Forrester Research, в 2008 году количество работающих ПК в мире превысило отметку в 1 миллиард. В 2015 году аналитики прогнозируют появление уже 2 миллиардов только самих ПК [6].

Очень важно, что использование персональных компьютеров для создания вычислительной сети автоматически решает вопросы специализированного обслуживания, они не сконцентрированы в пределах одного помещения и не требуют отбора тепла, замена и ремонт стоят значительно дешевле. Но остается не решенным вопрос создания программного обеспечения, не требующих значительных усилий и специальной подготовки для настройки, объединить группу ПК в одну вычислительную сеть.

Актуальність

Наприклад, Інститут прикладної фізики НАН України має кластер із 10 двохпроцесорних чотирьохядерних нодів, що дозволяє одночасно вирішувати 80 незалежних завдань. На балансі самого інституту знаходиться близько 150 персональних комп'ютерів загальною продуктивністю, що перевищує можливість обчислювального кластера. На основі даних моніторингу можна з впевненістю стверджувати, що на базі персональних комп'ютерів можливо побудувати цілу інфраструктуру для вирішення достатньо великих обчислювальних завдань як наукового, так і виробничого плану. Але в такій системі з іншої сторони висуваються додаткові вимоги. До них можна віднести адаптацію та збереження працездатності в умовах динамічного змінювання доступних ресурсів: в перших, система повинна мінімально впливати на зручність роботи власника машини, в інших, будь-який персональний комп'ютер в мережі може бути вимкнений в будь-який момент і це не повинно призвести до краху системи.

Таким чином, завдання використання обчислювальних потужностей персональних комп'ютерів є дуже актуальним. Для її вирішення необхідна розробка гнучких, сервіс-орієнтованих, самоналаштовуваних, стійких до відмов програмних систем, які дозволять використовувати ресурси персональної комп'ютерної техніки з метою їх використання як обчислювальних інструментів: в тому числі і для вирішення великих і складних завдань.

Такі спроби були зроблені достатньо давно, однак в основному націлені на вирішення певної задачі [3, 4]. Загальною особливістю таких систем є те, що учасники, які передали в загальне користування свій персональний комп'ютер, не вирішують свої завдання. Вони завантажують та встановлюють собі на комп'ютер програмний модуль (одинаковий для всіх), який отримує від головного сервера певну порцію даних для розрахунку і після закінчення обчислень повертає серверу результат. Таким чином, такі системи не можна назвати багатокористуваческими і вони не підходять для вирішення розглянутої в роботі проблеми.

Опис системи

Об'єктом нашого дослідження є багатокористуваческа обчислювальна система, яка здатна працювати на базі локальних і глобальних гетерогенних (неоднородних) комп'ютерних мереж [2]. Під неоднорідною мережею розуміється мережа довільної топології з різними каналами зв'язу, що складається з комп'ютерів різної конфігурації та потужності, на яких встановлені різні операційні системи.

Така обчислювальна мережа призначена для надання сервісів по обробці та збереженню даних багатьох користувачів. Для проектування системи був вибраний агентний підхід та сервіс-орієнтовану архітектуру. Тому досліджувана система далі називається агентною обчислювальною системою (АВС).

Дана архітектура обумовлена необхідністю забезпечення:

- **масштабованості системи** - компоненти системи взаємодіють між собою віддалено, без потреби знати місцезнаходження один одного в системі, а виходячи з їх можливостей (доступних ресурсів, наприклад);

- **стійкості системи** - система повинна зберігати працездатність навіть при виході з ладу або відключенні будь-якого її компонента;

- **адаптивність** - система може вирішувати скільки завдань запускатися. Це впливає на швидкість обчислень при різних умовах в залежності від ймовірності втрати завдання (наприклад, через відключення від мережі машини, на якій виконувалася ця задача). Система повинна вміти підбирати оптимальне значення цього параметра.

Архітектура системи

Основною особливістю архітектури розроблюваної нами системи є те, що в ній **немає планировщика завдань як окремого виділеного компонента**. Процесом вирішення завдань займається спільнота агентів, яка спільно балансує навантаження на апаратні потужності. За вирішення кожної задачі відповідає окремий агент, який називається обчислювачем. Це мобільний агент, здатний переміщатися між машинами системи та переміщати за собою код своєї задачі. Метою цього агента є виконання задачі з стану "запланована" в стан "вирішена" за мінімально можливий час ($t_{\text{calc}} \rightarrow \min$). Крім того, цей агент відповідає не тільки за те, щоб знайти машину, на якій в певний момент є необхідна кількість доступних обчислювальних ресурсів, але й сам керує процесом вирішення своєї задачі, а не делегує цю роль певним іншим компонентам системи. Це можливо завдяки тому, що всі завдання, які надіслані в систему, повинні відповідати заданому нами стандарту.

Таким чином, агенти шляхом переговорів ділять доступні ресурси та використовують їх для вирішення завдань.

Подробная схема переходов между возможными состояниями этого агента изображена на рис. 1.

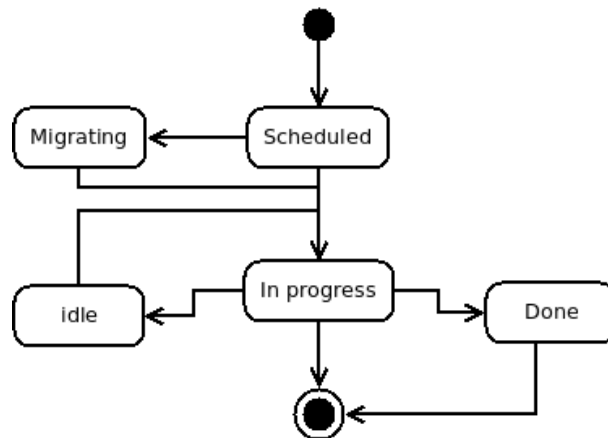


Рисунок 1 – Жизненный цикл Агента-вычислителя

Первое состояние вычислителя - задача и ее входные данные созданы и она готова к вычислениям, далее он переходит в состояние вычисления задачи в случае наличия необходимых ресурсов или в состояние поиска необходимых ресурсов. Как только ресурсы будут найдены, агент перейдет в состояние вычисления задачи. Во время вычисления этот агент может переходить в состояние ожидания (в случае нехватки вычислительных ресурсов). Вычислитель переходит в состояние «готово», когда есть валидный результат вычисления задачи, а затем переходит в финальное состояние, после чего уничтожается. Он может также перейти в финальное состояние из состояния вычисления задачи, если произошла ошибка во время вычислений или истек таймаут вычисления задачи.

Для обеспечения функционирования такой системы разработана много уровневая архитектура системы, которая представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Архитектура вычислительной системы

Как видно из рисунка, она представляет собой иерархическую пятиуровневую систему. Самый базовый уровень – Аппаратный, который состоит из компьютеров и связывающего их сетевого оборудования. Второй уровень – Транспортный, обеспечивающий логическую связь между компьютерами. Третий уровень служит базой для построения агентной вычислительной сети. Им может быть любая платформа, которая дает возможность работать с такими сущностями, как агенты и обеспечивать общение между ними. Примером такой платформы является Jade [5]. Следующий уровень системы содержит логику работы агентов, обеспечивает основные сервисы, такие как решение задач, хранение данных, интерфейсы пользователя, авторизацию и т.п. Разработка основных алгоритмов работы агентов этого уровня как раз и является целью данного исследования. Последний, пятый уровень, является сервисным с точки зрения потребителя (пользователя) и дает возможность получить услуги по расчету необходимых задач.

Техническая реализация системы

Нами был разработан действующий прототип системы.

Система состоит из контейнеров, в которых "живут" агенты. На каждой машине запущено ровно по одному контейнеру. Контейнер представляет собой отдельный процесс. В нашем случае менеджментом контейнеров и агентов полностью занимается агентная платформа jade. Т.е. она выступает как слой, на котором базируется наша система. Агент технически реализован как отдельный поток, к нему нет прямого доступа, но на него могут влиять другие агенты (но только путем отправки ему сообщений) и окружающий его мир - например, настройки, ограничения или доступные свободные ресурсы машины, на которой он находится в данный момент. Составной частью каждого агента есть разработанные нами специальные компоненты, инкапсулирующие в себе и предоставляющие агенту логику взаимодействия с системой.

Таковыми компонентами являются: **AgentsManager** - менеджер агентов, **PlatformManager** - менеджер платформы, **ServicesManager** - менеджер сервисов. Менеджер агентов предоставляет агенту возможность создавать или удалять других агентов (но удалять он может только созданных им агентов). Менеджер сервисов позволяет агенту регистрировать в системе свои сервисы, причем агент может регистрировать и deregистировать свои сервисы "на лету".

Стоит заметить, что агент может выполнять все действия, предоставляемые менеджерами и без их помощи, напрямую управляя сообщениями агентам, ответственным за менеджмент агентной платформы. Но выделение этих логических компонентов в архитектуре системы упрощает ее разработку и поддержку. Тем более если учитывать, что эти менеджеры доступны всей иерархии агентов.

Агенты взаимодействуют друг с другом исключительно посредством отправки сообщений друг другу. Они обмениваются сообщениями посредством протокола MTP (message transport protocol), который передает данные поверх популярных протоколов передачи данных, таких как tcp/ip, bluetooth и другие. Все сообщения агентов - сообщения стандарта FIPA-ACL (agent communication language). За передачу сообщений между агентами отвечает сервис передачи сообщений (MTS или message transport service), работающий по стандарту FIPA MTS [7]. Сообщения, которыми обмениваются агенты, оформлены согласно их онтологиям. Т.е. представлены в виде структурированных данных, которые можно валидировать и извлекать знания из них (ontology and content languages).

Стоит отметить, что участником вычислительной сети может стать клиент, не обязательно использующий фреймворк jade. Главное условие - реализация стандартов, по которым взаимодействуют компоненты системы (агенты).

Для миграции агента необходимо сохранить его текущее состояние и данные, и создать агента такого же типа на другой машине с таким же состоянием и данными. Поэтому технически миграция агента - это сериализация экземпляра его Java-класса на одной машине, перемещение и десериализация на другой.

Иерархия агентов

Для реализации логического и прикладного уровня были созданы классы агентов, иерархия которых представлена на рис. 3.

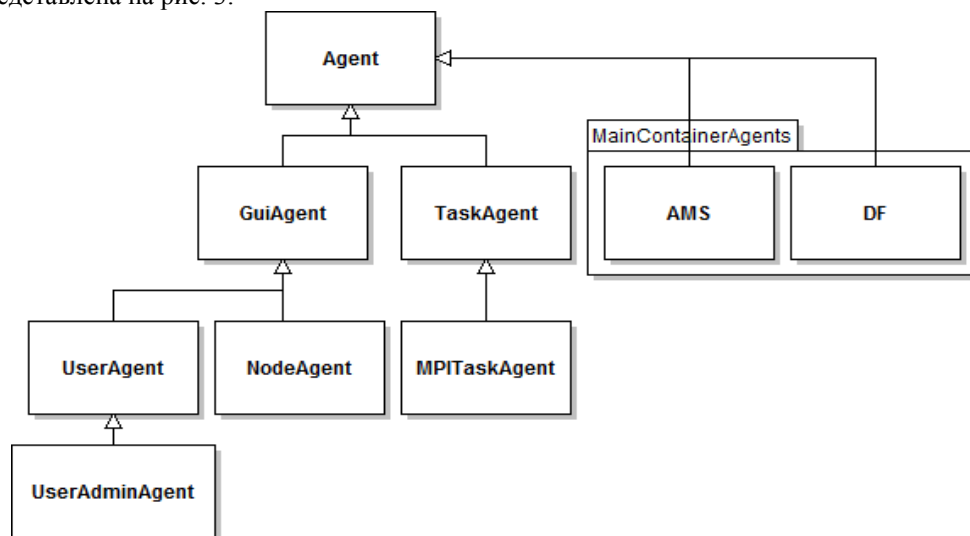


Рисунок 3 – Иерархия агентов

В предложенной системе присутствуют три ключевых вида агентов:

– **Представители пользователей в системе (UserAgent или сокращенно UA)** – агенты, которые предоставляют пользователям интерфейсы для работы с системой. Он является виртуальным представителем пользователя в системе. Может мигрировать в другой контейнер при выключении машины.

– **Вычислители задач (TaskAgent или сокращенно TA)** – агенты, которые производят вычисления задач пользователей. Такой агент создается под каждую новую задачу. На протяжении своего жизненного цикла этот агент находит машину, пригодную для расчета задачи, затем мигрирует (естественно только по согласию NodeAgent-a) и производит расчет задачи и потом ожидает определенный период времени пользователя чтобы отдать ему результаты вычислений, затем самоуничтожается. Этот агент привязан к UserAgent-у конкретного пользователя.

– **Менеджеры нодов (NodeAgent или сокращенно NA)** – агенты, которые управляют ресурсами компьютеров, на которых они запущены. На каждой машине обязательно существует ровно один экземпляр такого типа агентов. Менеджеры нодов предоставляют Вычислителям задач и Представителям пользователей возможность использовать ресурсы своей машины. Причем обнаружение необходимых ресурсов происходит через специальные сервисы менеджеров нодов. Также менеджер нода отвечает за сбор и передачу по требованию статистики о доступном аппаратном обеспечении компьютера и его загруженности. Также предоставляет информационные сервисы о количестве TaskAgent-ов в своем контейнере.

Если говорить о вычислителе задач, то его задачу можно представить в виде вектора: $t = \langle C, HDD, RAM \rangle$, где C - количество тактов процессора, HDD - объем винчестера, RAM - объем оперативной памяти, необходимых для вычисления задачи. Компьютер можно представить в виде вектора: $pc = \langle C, HDD, RAM \rangle$ - мощность процессора, доступные объемы постоянной и оперативной памяти. Стоит отметить, что на текущий момент система предоставляет только вертикальное масштабирование: если TaskAgent-у не хватает ресурсов, то может мигрировать на машину, на которой хватает. Но может быть ситуация, что в системе просто нет машины с достаточным количеством ресурсов. Такую ситуацию можно решить только с помощью горизонтального масштабирования. Например, в случае нехватки памяти - использовать вместе память нескольких машин. Отсюда вытекает идея, что для горизонтального масштабирования TaskAgent должен создавать N копий себя и эти копии должны взаимодействовать друг с другом для решения одной общей задачи. Взаимодействие здесь означает, например, синхронизацию распределенной памяти - в случае масштабирования по памяти.

Менеджеры нодов не имеют возможности мигрировать, а Представители и Вычислители - мобильные агенты которые могут мигрировать (согласно своей внутренней логике на более подходящую с их точки зрения машину) - на машину с достаточным количеством ресурсов для выполнения своих заданий.

Всю систему можно представить в виде:

$S = (T_a, U_a, C_a, A_a, T, C)$ - множества: вычислителей, представителей пользователей, менеджеров нодов, вспомогательных агентов, задач и компьютеров соответственно.

Каждый агент реализован в виде отдельного класса языка java.

Класс Agent – базовый для всех агентов системы класс. Содержит в себе готовый функционал по созданию, удалению, миграции агентов. **UIAgent** – агент с графическим интерфейсом.

Также в системе присутствуют вспомогательные типы агентов.

UserAdminAgent – агент администратора системы. Предоставляет возможность конфигурировать систему, администрировать пользователей системы, а также предоставляет сервис авторизации в системе.

DebugAgent – агент для отладки работы системы.

AMS и **DF** – стандартные агент системы, автоматически запускаются при запуске главного контейнера. **AMS** (система управления агентами) обеспечивает службу имен (например, гарантирует, что каждый агент на платформе обладает уникальным именем) и осуществляет управление на платформе (к примеру, можно создавать и ликвидировать агентов на удаленном контейнере по запросу AMS). **DF** – (координатор каталог) обеспечивает сервис «желтых страниц», с помощью которого агенты могут искать друг друга по описанию предоставляемых сервисов.

Интерфейс пользователя

В разработанном прототипе реализованы все интерфейсы пользователя, через которые он может отправлять свои задачи в вычислительную сеть и получать из неё результаты расчетов. Работа происходит в несколько этапов. Сначала пользователь пишет программный код для решения своей задачи согласно предоставленному шаблону или использует уже готовые библиотеки, содержащие код решения для его задачи. Затем пользователь загружает входные данные и отправляет через своего Представителя программный код в систему. Представитель создает Вычислителя под данную задачу, и он уже действует самостоятельно: ищет подходящий Контейнер, рассчитывает задачу и по окончании вычислений переходит в состояние ожидания, когда пользователь запросит результаты вычислений. По истечении определенного времени (выставляется администратором ABC) Вычислитель самоуничтожается.

Настройки системы

Пользователь, как участник вычислительной сети, может задавать ограничение по ресурсам, которые он отдает системе. В частности это ограничения по количеству используемой памяти, по загрузке процессора и по количеству используемых ядер процессора. Для этого у пользователя существует специальная форма в его интерфейсе.

Эти настройки сохраняются в системных настройках машины и ими руководствуются все агенты живущие в ней постоянно или мигрировавшие в нее для достижения своих целей. Например, Node Agent определяет количество ТА, которые могут одновременно считать свои задачи на его машине, исходя из максимального количества ядер, которые разрешил использовать пользователь, ТА также загружает ядро процессора не больше, чем ему разрешил это делать пользователь.

Авторизация пользователя и интерфейс для работы с системой

Для каждого реального пользователя в системе автоматически создаётся его виртуальный представитель - User Agent (UA). Этот агент живет в системе не зависимо от того авторизован пользователь или нет.

Когда пользователь запускает систему на своей машине, в ней автоматически создается Node Agent, который показывает ему форму для авторизации. Далее пользователь вводит логин и пароль и Node Agent (NA) использует эти данные, чтобы авторизовать пользователя. Для этого NA в сервисе "желтых страниц" находит всех агентов, предоставляющих сервис авторизации и передает введенные в этой форме данные для авторизации пользователя. В случае если какой-то из UA принял авторизационные данные, он мигрирует на машину пользователя и отображает пользователю интерфейс для работы с системой, иначе - будет выдано сообщение об ошибке. Именно через этот интерфейс пользователь получает доступ для работы с системой: отправляет задачи в систему для вычислений, просматривает их статус, сохраняет результаты вычислений на жесткий диск. Пользователь видит список своих задач и может скачивать результаты. Скачивание происходит следующим образом: пользователь отправляет запрос своему UA на скачивание задачи через интерфейс пользователя, UA направляет запрос соответствующему ТА, а ТА, получив такой запрос, мигрирует на компьютер пользователя и сохраняет результаты на жесткий диск.

Посчитанная задача существует в системе определенное время, после которого автоматически уничтожается не зависимо от того забрал пользователь результаты вычислений или нет.

Интерфейс администратора системы

Администратор начинает развертывание системы путем запуска главного контейнера системы, к которому потом подключаются контейнеры, созданные пользователями.

В своем интерфейсе администратор системы создает всех пользователей системы, задает им права. При создании пользователей в системе для каждого пользователя создается UserAgent - виртуальный представитель пользователя, который затем мигрирует на машину пользователя (в случае успешной авторизации) и предоставляет пользователю интерфейс работы с системой.

Кроме создания системы, администратор видит загруженность всей системы, а также распределение агентов по системе. Также администратор может задавать глобальные настройки системы такие как лимит времени на вычисление одной задачи, лимит времени до самоуничтожения задачи после того, как она будет посчитана. Он может применять новые настройки только для новых задач или для новых и уже существующих.

Шаблон задачи

Каждая задача, которая отправляется в систему, должна соответствовать специальному шаблону. Это сделано для того, чтобы TaskAgent мог унифицированным образом управлять вычислением своей задачи и его код не приходилось модифицировать под каждую отдельную задачу. Кроме того, использование шаблона решает другие важные задачи, такие как контроль нагрузки на машину, на которой осуществляются вычисления, инициализация задачи для вычислений, сбор и сохранение результатов вычислений.

Чтобы удовлетворить все перечисленные требования, задача должна быть реализована в виде отдельного класса, который реализует заданный интерфейс (Task) и соответственно методы этого интерфейса: *oneStep()* - в этом методе должна содержаться вся логика, выполняемая на одной итерации вычислений, *getResult()* - возвращает строку, содержащую результат вычислений, *actionBefore()* - в этом методе необходимо выполнять все действия по инициализации задачи перед вычислениями, *actionAfter()* - после.

Когда TaskAgent, имеющий в своем распоряжении задачу, оформленную по описанному шаблону получает необходимые вычислительные ресурсы, он производит все действия необходимые для вычисления задачи начиная от инициализации и оканчивая сбором результатов вычислений и отправкой их пользователю. Если для получения необходимых вычислительных ресурсов TaskAgent-у необходимо мигрировать на другую машину, то он мигрирует вместе со своей задачей. При этом агент перемещает

скомпилюваний код своєї задачі в вигляді байт масива. Після міграції ТА записує код своєї задачі на жетський диск.

Сервіси агентів

Так як система сервіс-орієнтована, в ній агенти надають один одному сервіси. Агенти знають про те, який агент надає необхідний їм сервіс за допомогою глобального для всієї системи сервісу жовтих сторінок. Ізначально всім агентам відомо, як отримати доступ до сервісу жовтих сторінок (за це відповідає агентна платформа). Агенти можуть реєструвати свої сервіси як при створенні, так і реєструвати/дереєструвати сервіси в час своєї життя. Як уже говорилося раніше, за це відповідає розроблений нами менеджер сервісів агента.

Система складається з трьох основних типів агентів, кожен з яких надає своє множинство сервісів. До списку основних сервісів агентів системи можна віднести наступні сервіси.

Сервіси ТА: **готовий считати** - агент реєструє себе в цьому сервісі, щоб його могли повідомляти інші агенти про появу доступних ресурсів.

Сервіси НА: **готовий надати ресурси для обчислень** - сервіс надає інформацію про доступні обчислювальні ресурси і в момент, коли всі доступні ресурси машини зайняті TaskAgent-ами хоча б по одному параметру (наприклад, всі ядра процесора віддані на обчислення), НА дереєструє себе як представителя цього сервісу поки який-то з ТА не завершить обчислення і відповідно з'являться доступні ресурси.

Сервіси UA: **сервіс авторизації користувачів** - пошук UA для авторизації користувачів в системі проводиться тільки через цей сервіс.

Таким чином, завдяки сервіс-орієнтованій архітектурі, агенти можуть з легкістю, наприклад, виявляти доступні ресурси системи і запитувати їх під свої потреби і відбувається це без необхідності знати, де конкретно знаходяться ці ресурси, що сприяє масштабованості системи.

Переговори агентів за використання ресурсів

Як було сказано вище, ТА повинен керувати процесом обчислення своєї задачі. Для цього він повинен домовлятися з НА про обчислення на їх машинах. ТА вибирає для обчислень машину, що відповідає за ресурсами для обчислення своєї задачі. Ініціаторами переговорів можуть бути як ТА, так і НА. Це зроблено для зменшення навантаження на систему, т.к. можна було б реалізувати цей функціонал шляхом періодичного опитування всіх НА про наявність вільних ресурсів всіма TaskAgent-ами, але при цьому була б велика навантаження на систему.

Алгоритми Обчислювача при створенні

Коли створюється ТА, він одразу здійснює пошук агентів, надають сервіс "готовий надати ресурси для обчислень". См. рис. 4.



Рисунок 4 – Пошук обчислювачем вільних ресурсів при його створенні

Якщо є агенти, надають необхідні ресурси, то ТА одразу ж запитує необхідні йому ресурси і мігрує на машину одного з них (найбільш пріоритетного) для обчислень. Інакше,

ТА остается в на той машине, на которой он был создан и пассивно ожидает участия в аукционах проводимых NA за право использования ресурсов.

Критерий выбора Task-агентов на аукционе

Когда у NA появляются свободные ресурсы (что происходит когда какой-то из TaskAgent-ов на его машине оканчивает вычисления), то он должен известить всех агентов, предоставляющих сервис "готов считать" об этом. Но естественно, что этих ресурсов может не хватить на всех агентов, которым они необходимы, поэтому NA должен выбрать кому достанутся эти ресурсы. Для этого NA объявляет аукцион для выбора ТА, которым будет предоставлено право посчитать задачу в его контейнере.

Каждый Task-агент присылает организатору аукциона вектор, описывающий его задачу.

$T = \langle T_{create}, CPU_{est}, RAM_{est} \rangle$ У организатора аукциона есть эталонный вектор T

$T' = \langle T'_{create}, CPU'_{est}, RAM'_{est} \rangle$. Он перемножает все присланные ему векторы (скалярное произведение) на свой эталонный вектор и выбирает победителем аукциона того агента, для которого получилось максимальное произведение. Эталонный вектор организатора аукциона можно варьировать для обеспечения победы выгодных ему(организатору) агентов, что может обеспечить достижение определенной задачи, например, максимально загружать машину NA.

Схема переговоров ТА с NA за ресурсы показана на рис 5.

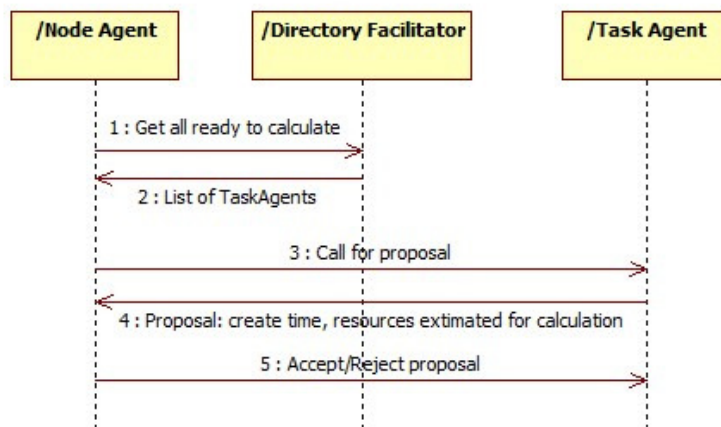


Рисунок 5 – Переговоры агентов за ресурсы

Выводы

Была разработана архитектура системы для построения многопользовательских вычислительных сетей и в соответствии этой архитектуре была осуществлена ее техническая реализация. За основу была взята платформа Jade, которая одновременно обеспечивает функционал компонентов мультиагентных систем и взаимодействие ее участников (агентов) в рамках сервис-ориентированного подхода.

В дальнейшем планируется

1. Добавить возможность не только вертикального, но и горизонтального масштабирования. Для этого необходимо будет распараллеливать задачи вручную или автоматически. Для автоматического распараллеливания можно использовать статистический анализ кода.

2. Автоматизировать создание шаблона, чтобы пользователь не набирал весь код класса, реализующий задачу вручную, а мог сосредоточиться на самой задаче и вводил только код, связанный непосредственно с логикой вычислений.

Список литературы

- Uwe Schwiegelshohna, Rosa M. Badiab, Marian Bubak Perspectives on grid computing //Future Generation Computer Systems – 2010. – Volume 26, Issue 8. – P. 1104–1115.
- Азаров О.Д. / Комп'ютерні мережі: навчальний посібник / [Азаров О.Д., Захарченко С.М., Кодун О.В. та ін] - Вінниця: ВНТУ, 2013. -371 с. ISBN 978-996-641-543-4.
- SETI@home - Search for ExtraTerrestrial Intelligence at home [Электронный ресурс].Режим доступа: <http://setiathome.berkeley.edu/> - оглавление с экрана.
- Rosetta@home - Protein Folding [Электронный ресурс]. Режим доступа:<http://boinc.bakerlab.org/rosetta/> - оглавление с экрана.
- Jade - Java Agent DEvelopment Framework [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://jade.tilab.com/> - оглавление с экрана.
- Worldwide PC Adoption Forecast, 2007 To 2015 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.forrester.com/go?objectid=RES42496> - оглавление с экрана.

11. FIPA Agent Message Transport Service Specification (SC00067) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.fipa.org/specs/fipa00067/SC00067F.html>.
Стаття надійшла: 15.10.15.

Відомості про авторів

Лопаткін Роман Юрійович - к.ф.-м.н., доцент, завідуючий Науково-дослідним центром навчально-наукових приладів ІПФ НАН України, вул. Петропавлівська, 58, м. Суми, Україна, тел. (0542) 604538.

Лисак Наталія Володимирівна – к.т.н., доцент кафедри менеджменту та безпеки інформаційних систем Вінницького національного технічного університету.

Петров Сергій Олександрович – к.т.н., старший викладач кафедри комп’ютерних наук Сумського державного університету.

Іващенко Віталій Анатолійович – молодший науковий співробітник сектору телекомунікацій та грид-технологій ІПФ НАН України, вул. Петропавлівська, 58, м. суми, україна, тел. (0542) 604538.