

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СЕТЕВОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ МНОГОАГЕНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Тураева Насиба Мирхамидовна,

независимый соискатель Ташкентского университета информационных технологий

Тенденции развития технологий разработки программного обеспечения, с одной стороны, определяются потребностями индустриального сообщества и возрастающими возможностями вычислительных средств. В частности, интенсивное развитие Интернет и Web-технологий постепенно приводит к качественному пересмотру концепции современной жизни, в котором основной тенденцией становится повышение роли виртуальных предприятий (организаций), перенос управление в Интернет, интенсивное использование информационно-телекоммуникационной среды в качестве инфраструктуры организации. С другой стороны, качественно новые практические возможности открываются в связи с развитием новых направлений и использованием новых технологий и методологий разработки прикладных программных систем. Одним из таких направлений является разработка прикладных программ в виде многоагентных систем (МАС).

МАС позволяют существенно расширять возможности и области применения программных систем на практике. Эти возможности, прежде всего, определяются тем, что организация и свойства МАС, в отличие от прочих подходов к разработке программного обеспечения, позволяют воспроизводить организацию и свойства реально существующих систем более естественным образом.

Многоагентная система (MAS, англ. *Multi-agent system*) - это система, образованная несколькими взаимодействующими интеллектуальными агентами. Многоагентные системы могут быть использованы для решения таких проблем, которые сложно или невозможно решить с помощью одного агента или монолитной системы. Примерами таких задач являются ликвидация чрезвычайных ситуаций, и моделирование структур.

Суть мультиагентных технологий заключается в принципиально новом методе решения сложных задач, которые не решаются или трудно решаются классическими способами. Какими именно?

В отличие от классического способа решения задачи, когда проводится комбинаторный поиск вариантов решения по чётко определенному

(детерминированному) алгоритму, позволяющего найти наилучшее решение проблемы, в мультиагентных технологиях решение задачи получается в ходе самоорганизации множества программных агентов, способных к конкуренции и кооперации, и имеющих собственные критерии, предпочтения и ограничения. Решение считается найденным, когда в ходе своих недетерминированных взаимодействий агенты достигают неулучшаемого консенсуса (временного равновесия или баланса интересов), который и принимается за решение задачи.

Решение задачи в такого рода системах всегда рассматривается как временное «равновесие» (неустойчивое равновесие или устойчивое неравновесие), получаемое как динамический останов системы в случае, когда ни один из агентов более не может улучшить своё состояние, что и свидетельствует о достижении разумного компромисса, баланса интересов или согласия (гармонии) всех участников в решении проблемной ситуации, даже если часть агентов остается не полностью удовлетворена (у них просто нет других лучших вариантов).

Агенты могут действовать как от лица и по поручению человека, так и любых физических и абстрактных сущностей, как это планируется в Интернете вещей, чтобы учесть действие и находить баланс как можно большего числа факторов.

Существует много определений понятия агента, но основные признаки программного агента следующие:

- автономность: обладает автономностью, т.е способен сам ставить и достигать цели;
- реагирует на изменения в среде, принимает решения и их исполняет для достижения цели;
- социальность: проактивно взаимодействует с другими агентами или пользователями

В мультиагентной модели каждой сущности реального мира ставится в соответствие программный агент, который представляет интересы данной сущности и может согласовывать свои решения с другими агентами.

Преимущества мультиагентных технологий, позволяющих строить самоорганизующиеся системы, в особенности проявляются в условиях априорной неопределенности и высокой динамики окружающего мира, позволяя строить адаптивные системы, перестраивающие свои планы по событиям в реальном времени.

В нашем понимании основные отличия мультиагентных технологий могут быть показаны на схеме ниже (рис.1):

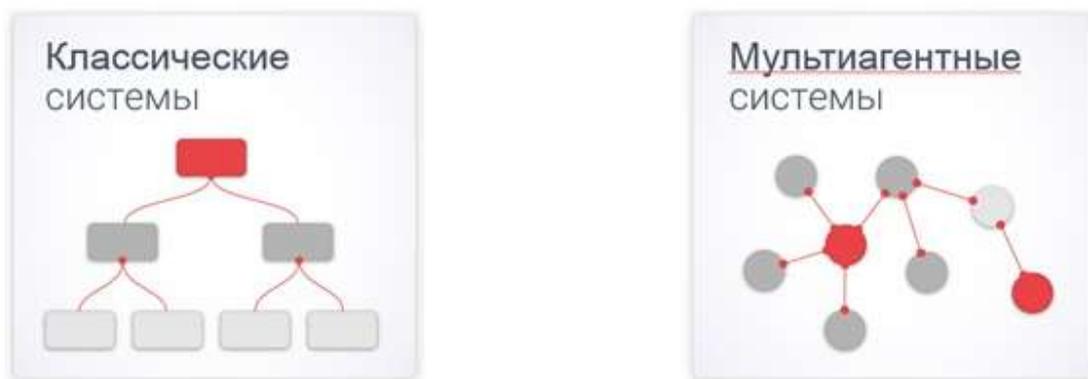


Рис. 1. Отличие МАС от классической системы

- | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • иерархии больших программ; • последовательное выполнение операций; • инструкции сверху вниз; • централизованные решения; • управляют данными; • предсказуемость; • стабильность; • стремление уменьшать сложность; • тотальный контроль. | <ul style="list-style-type: none"> • большие сети малых агентов; • параллельное выполнение операций; • переговоры; • распределенные решения; • управляются знаниями; • самоорганизация; • эволюция; • стремление наращивать сложность; • создание условий для развития. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Так, в классических методах планирования и оптимизации считается, что все заказы и ресурсы заданы наперед и не меняются в ходе решения задачи, а размерность задачи существенно ограничена во избежание комбинаторного взрыва и экспоненциально быстрого замедления решения задачи.

В предлагаемых нами моделях, методах и алгоритмах изначально применяется распределенный подход к решению задачи (Distributed Problem Solving), когда сложная задача разбивается на много малых, а потом путем

самоорганизации решаются конфликты между получаемыми решениями. При этом система не ищет единственное глобальное решение, а за счет множества параллельных и асинхронных взаимодействий, быстро находит допустимое рациональное решение, несмотря на наличие множества самых различных и часто противоречивых критериев, причём в задачах любой размерности.

Обычно в многоагентных системах исследуются программные агенты. Тем не менее, составляющими многоагентной системы могут также быть роботы, люди или команды людей. Также, многоагентные системы могут содержать и смешанные команды.

В многоагентных системах может проявляться самоорганизация и сложное поведение даже если стратегия поведения каждого агента достаточно проста. Это лежит в основе так называемого роевого интеллекта. Роевой интеллект (РИ) (англ. swarm intelligence) описывает коллективное поведение децентрализованной самоорганизующейся системы. Системы роевого интеллекта, как правило, состоят из множества агентов локально взаимодействующих между собой и с окружающей средой.

Агенты могут обмениваться полученными знаниями, используя некоторый специальный язык и подчиняясь установленным правилам «общения» (протоколам) в системе. Примерами таких языков являются Knowledge Query Manipulation Language (KQML) и FIPA's Agent Communication Language (ACL). Идея о делегировании сложных задач программным системам (агентам) позволяет представлять и решать трудно формализуемые проблемы более естественным образом. Выбор многоагентной технологии в качестве базовой при проектировании распределённых систем доступа позволяет легко сочетать в единой системе как универсальные протоколы, такие как Z39.50, так и любые другие частные средства работы с конкретными типами баз данных. Ещё на этапе проектирования в такую систему закладывается гибкость, горизонтальная и вертикальная расширяемость, существенно упрощается решение задач распределения нагрузки между серверами.

Опираясь на опыт эксплуатации WEB-ориентированной информационно-поисковой системы для доступа к базам данных CDS/ISIS [1,2,3], можно сказать, что постоянная модификация системы и внедрение в неё новых возможностей отрицательно сказались на её структуре, и постепенно привели систему к состоянию, когда дальнейшая модификация и расширение функциональности стали не реальными. Очевидный вывод, сделанный из этой ситуации, заключался в том, что система нуждается в

кардинальном совершенствовании. Модернизацию можно разделить на две части:

1. Построение новой системной части поисковой системы;
2. Оптимизация административной и интерфейсной частей системы.

В модернизации системной части были выделены две основные задачи:

1. Построение поискового ядра системы на основе новой архитектуры;

2. Интеграция системы с протоколом Z39.50. [5]

Информационные технологии на данный момент - одна из самых быстро развивающихся областей, ни у кого не вызовет ни удивления, ни возражений. Однако наша страна, к сожалению, пока ещё далека в этой области от передовых рубежей. Это касается не только и не столько технического оснащения, модернизация и наращивание которого сейчас в Узбекистане проходит довольно высокими темпами. Но скорее технологической стороны, где мы пока отстаём очень серьёзно. В Узбекистане много квалифицированных специалистов, которые делают программное обеспечение мирового уровня, но объёмы исследований в области информационных технологий очень малы. Новые веянья в области программных архитектур, стандартов, протоколов и пр. доходят до нашей страны с серьёзной задержкой. Всё вышесказанное в полной мере относится и к многоагентным технологиям. Технологии эти относительно новы и быстро развиваются, однако в нашей стране их применение пока исключительно эпизодично.

Агентная технология содержит в себе преимущества нескольких различных дисциплин. Она включает достоинства объектно-ориентированных и распределённых программных сред, компонентной концепции разработки программного обеспечения и даже искусственного интеллекта и экспертных систем. Агентные технологии могут стать успешным архитектурным решением именно потому, что они способны интегрировать эти различные аспекты и выявлять их внутренний потенциал.[6]

Международный опыт. Подход, который родился довольно давно в рамках исследований в области ИИ (Искусственного Интеллекта), уже в конце 90-х на Западе начал активно переходить в русло практического применения в областях программирования, несвязанных напрямую с ИИ. Разработка агентных систем в Европе приобрела такие масштабы, что встал вопрос о стандартизации, для решения которого ещё в 90-х годах были основаны две организации MASIF (Mobile Agent System Interoperability Facility) и FIPA

(Foundation of Physical Intelligent Agents), занявшиеся разработкой стандартов. Их работа вылилась в появление стандарта MASIF и стандарта FIPA, дающих рекомендации к созданию систем мобильных агентов и систем интеллектуальных агентов соответственно. Наиболее актуальной сферой применения агентов считается сфера коммуникационных технологий, и именно в этой сфере, в рамках европейской программы ACTS (Современные Коммуникационные Технологии и Службы), в 1997 году была основана программа "Агентные Технологии в Европе", фокусирующаяся на исследовательских разработках и практическом внедрении агентных технологий. Перспективы применения агентной архитектуры в таких специфических областях как сервисный контроль в статичных и мобильных сетях, телекоммуникации, электронной коммерции, мультимедийных приложениях и т.д. были широко оценены в Европе, что ещё весной того же 1997 года в рамках программы ACTS вылилось в запуск 14 новых проектов по исследованию применения агентных технологий в этих областях.[7]

Тем не менее, даже на Западе агентные технологии относительно мало применяются в библиотечном деле и непосредственно в доступе к информационным ресурсам. Достаточно известны проекты - поисковый сервер Yahoo, сервер Amazon и электронная библиотека журнала "VT Library"[8]; гораздо шире агентные технологии применяются в сфере коммуникации, особенно в сфере мобильных устройств. В тоже время агентная концепция удобна для создания распределённых систем, в том числе и доступа к информационным ресурсам.

Написание агентно-ориентированной программы выливается в создание набора агентов, которые вместе обеспечивают всю требуемую функциональность. Мобильные агенты отвечают за активные части программы, в то время как системные агенты обеспечивают доступ к локальным службам. И те, и другие, общаются через встроенные механизмы коммуникации. Поскольку агентно-ориентированные программы основываются на сотрудничестве различных независимых объектов, то они структурно не монолитны. Поэтому при создании агентно-ориентированных программ совершенно нормальной практикой становится повторное использование существующих агентов.[4]

Пересылка сообщений является концепцией, естественно подходящей агентным системам, поскольку в рамках неё агент становится чем-то достаточно независимым, как бы делающим своё и только своё дело, и лишь иногда отвечающим на запросы других агентов или самостоятельно

делающим запросы, если это потребуется для его работы. В рамках этой концепции в Европейском проекте Grasshopper были выделены следующие модели коммуникации между агентами:

Синхронная Коммуникация. Обычно, когда клиент запускает метод на сервере, сервер выполняет запрошенный метод и возвращает результат клиенту, который продолжает свою работу. Этот стиль называется синхронным, потому что клиент блокируется до тех пор, пока результаты метода не будут возвращены.

Асинхронная Коммуникация. При использовании асинхронной коммуникации клиенту нет необходимости ждать, пока сервер выполнит метод, вместо этого клиент продолжает выполнять свою собственную задачу. В таком случае у клиента есть несколько возможностей получить результаты запущенного метода. Он может периодически опрашивать сервер о том, было ли закончено выполнение метода, он может ждать результата в тех случаях, когда это нужно или подписаться на уведомление о том, что результат будет доступен.

Динамическая Коммуникация. Этот механизм удобен в том случае, когда у клиента нет доступа к прокси серверу. Клиент может сконструировать сообщение динамически, путём указания сигнатуры того серверного метода, который должен быть запущен. Динамическая генерация сообщений может быть использована как синхронно, так и асинхронно.

Многосвязная Коммуникация. Многосвязная коммуникация позволяет клиентам использовать параллелизм в процессе общения с серверными объектами. Используя механизм многосвязной коммуникации, клиент может запускать один и тот же метод на нескольких серверах параллельно.

Современная система доступа к распределённым информационным ресурсам, работающая в онлайн-режиме в Internet, должна быть готова к приёму и обработке нескольких различных запросов одновременно, поэтому нельзя допустить, чтобы прохождение запросов задерживалось, пока такая система обрабатывает другой запрос. Поэтому коммуникацию между системными агентами в такой распределённой системе целесообразно организовывать по асинхронному принципу, с ориентацией на создание многопоточных программ. Однако, при создании агентов, отвечающих за работу с конечным пользователем системы, могут быть применены разные подходы.

В мультиагентной модели каждой сущности реального мира ставится в соответствие программный агент, который представляет интересы данной сущности и может согласовывать свои решения с другими агентами.

Преимущества мультиагентных технологий, позволяющих строить самоорганизующиеся системы, в особенности проявляются в условиях априорной неопределенности и высокой динамики окружающего мира, позволяя строить адаптивные системы, перестраивающие свои планы по событиям в реальном времени.

Так, в классических методах планирования и оптимизации считается, что все заказы и ресурсы заданы наперед и не меняются в ходе решения задачи, а размерность задачи существенно ограничена во избежание комбинаторного взрыва и экспоненциально быстрого замедления решения задачи.

Разработка интеллектуальных систем на основе мультиагентных технологий позволяет добиваться результатов:

- ◆ Решаются сложные задачи, которые ранее не могли быть автоматизированы;
- ◆ Результаты решения дают качество, сопоставимое с решением человеком;
- ◆ Начальное решение строится эффективно (линейно или полиномиально);
- ◆ Изменения в постановке задачи приводят лишь к адаптации решения «на лету»;
- ◆ Поддерживается работа по событиям в режиме реального времени;
- ◆ Обеспечивается возможность решения задачи в диалоге с пользователем;
- ◆ Вычисления могут быть легко распараллелены для решения сверх сложных задач.

В результате, мультиагентные технологии позволяют строить интеллектуальные системы нового поколения, отличающиеся высокой открытостью, гибкостью и эффективностью, производительностью, масштабируемостью, надежностью и живучестью.

По оценкам всемирно известной компании Gartner рынка информационных технологий к 2025 году мультиагентные технологии будут служить основой для более чем 40% всех мобильных приложений.

Многоагентные системы (МАС) являются результатом пересечения теорий систем с системами распределенного искусственного интеллекта (ИИ). В качестве агентов выступают некоторые сущности (в нашем случае программные модули), находящиеся в некоторой среде и способные интерпретировать и исполнять команды, поступающие от управляющих модулей, а также воздействовать на среду [9]. В общем случае агент может содержать как программные, так и аппаратные средства.

МАС подразделяют на кооперативные, конкурирующие и смешанные. В кооперативных МАС решение принимается в результате совместной работы, а в конкурирующих – отдельных действий агентов. Поэтому только у корпоративных структур МАС имеется свойство самоорганизации, так как только в этом случае происходит взаимодействие агентов между собой. При этом учитываются все альтернативные варианты, решение постоянно изменяется, что, в итоге, приводит к нахождению решения задачи.

Построение МАС на принципах ИИ представляет наибольшую сложность, так как: необходимо организовывать агентов между собой и с координационным центром, создавать среду, управлять изменением структуры и т.д. К тому же задача проектирования МАС с интеллектуальными агентами является ресурсоемкой задачей, а сложность ее зависит от варианта взаимодействия агентов [10,11].

Постановка задачи и метод решения Для получения результата, лучшего, чем суммарный вклад всех агентов, входящих в МАС, необходима организация взаимодействия агентов между собой; к тому же агенты должны обладать интеллектуальными свойствами. То есть в нашем случае не подходят простые и смарт-агенты. Под задачей принятия решения будем понимать задачу выбора наилучшего варианта из многих, осуществляемую в условиях нехватки информации, то есть в условиях неопределенности. Для таких задач характерно: наличие элементов нечетких множеств, отсутствие точного определения целевых функций (ЦФ), невозможность составить четкого алгоритма решения, ограниченность ресурсов. Для создания сообщества агентов необходимо разработать : - структуру МАС; - стратегии поиска решения; - структуру представления информации. В разрабатываемой системе (рис.2) каждый интеллектуальный агент имеет доступ к базе знаний (БЗ) и может обмениваться этими знаниями с другими агентами. Агенты являются разнородными и соответствуют множеству методов решения задачи.



Рис. 2. Структура МАС

Поведение агента опишем с помощью функции: $Z(M,U)$, которая отображает входную информацию (в том числе и от датчиков) с помощью метода M и содержит случайную компоненту U для выбора действия агента. Действия агента и определяет его тип, то есть последний зависит от функции $Z(M,U)$, или заложенного в него алгоритма работы (рис. 2). Причем алгоритм работы предполагает генерацию действий с определенной вероятностью. Действия агента должны максимизировать успех, или выгоду от его работы.



Рис. 3. Структура агента

В функции поведения агента выделяются три части: первая закладывается проектировщиком агента, вторая вычисляется в результате работы агента по выработке действий, и третья – формируется в результате обучения агента по мере накопления опыта. Если в агенте будет превалировать первая часть, то такой агент не будет автономным, а если третья часть, то процессу самообучения не на что будет опираться и, поэтому, знания не смогут накапливаться.

Как видно из рисунка 3, работа агента определяется не только заложенными в него алгоритмами, но и типом внешней среды. Она может характеризоваться следующими свойствами [12]:

- полностью наблюдаемая или частично наблюдаемая;
- детерминированная или стохастическая;
- эпизодическая или последовательная;
- статическая или динамическая;
- дискретная или непрерывная;
- одноагентная или мультиагентная.

К наиболее сложному случаю относится работа агента в частично наблюдаемой, стохастической, последовательной, динамической, непрерывной и мультиагентной среде.

Возвращаясь к схеме рис. 2, организуем работу МАС следующим образом. Пусть агенты способны решать однотипные задачи, но с помощью разных методов. Тогда в качестве действия агенты выдают результаты решения поставленной задачи в виде альтернативных вариантов (по одному или по несколько вариантов в зависимости от метода).

Для обмена информацией между агентами служит агент-координатор. Он преобразует условия решаемой задачи в понятный для интеллектуальных агентов вид, а также через интерфейс пользователя обменивается данными с человеком-оператором. Через этого агента осуществляется доступ пользователя к БЗ.

В случае распараллеливания работы методов, в функции агента-координатора входит и синхронизация поступающей информации о решениях.

Не смотря на то, что агенты используются давно: при поиске информации в БД и сети Интернет, при работе операционных систем и т.д., – использование МАС, а тем более с интеллектуальными компонентами сильно затруднено. Описанный в статье подход не претендует на полноту и законченный вид, а является только началом исследования различных вариантов МАС, пригодных для принятия решений в условиях роста неопределенности выбора оптимального варианта из множества альтернатив.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов С.Р., Мазов Н.А., Малицкий Н.А., Баженов И.С. Создание программного комплекса доступа из Интернет к базам данных на основе WWW-ISIS // Библиотеки и ассоциации в меняющемся мире: новые

технологии и новые формы сотрудничества: Материалы конф. "Крым 98". - М., 1998. - Т. 2. - С. 581 - 584.

2. Мазов Н.А., Малицкий Н.А., Баженов С.Р., Баженов И.С., Жижимов О.Л. WEB-ориентированная информационно-поисковая система для доступа к базам данных CDS/ISIS // Библиотеки и ассоциации в меняющемся мире: новые технологии и новые формы сотрудничества: Материалы 6 Междунар. конф. "Крым 99". - Судак, 1999. - Т. 1. - С. 113 - 115.

3. Баженов С.Р., Мазов Н.А., Малицкий Н.А., Баженов И.С. Создание программного комплекса доступа из Интернет к базам данных на основе WWW-ISIS// Научные и технические библиотеки. - 1999.- N2.- С. 47 - 52.

4. Баженов С.Р., Баженов И.С., Федотов В.Б. Совершенствование Web-ориентированной системы управления базами данных CDS/ISIS. // Библиотеки и ассоциации в меняющемся мире: новые технологии и новые формы сотрудничества: Материалы Междунар. конф. "Крым 2002" (Судак). - М., 2002. - Т. 1. - 172 - 175.

5. Жижимов О.Л. Введение в Z39.50. Новосибирск, Изд-во НГОНБ, 2000, 196 с., ISBN 5-88742-037-5.

6. Эшмурадов Д. Э., Элмурадов Т. Д., Тураева Н. М. Автоматизация обработки аэронавигационной информации на основе многоагентных технологий //Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2022. – Т. 25. – №. 1. – С. 65-76.

7. Ким А. И., Тураев М. О. Интеграция автомобильно-транспортных услуг Узбекистана и стран Центральной Азии //Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество. – 2020. – №. 3-2. – С. 335-339.

8. Зраенко А.С., Аксенов К.А., Федотов В.П. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4. ; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9640> (дата обращения: 10.02.2024).

9. Таранников, Н. А. Разработка многоагентной системы для поддержки принятия решений в экономике и управлении: диссертация ... кандидата экономических наук: 08.00.13 Волгоград, 2007. – 98 с.

10. Люгер Джордж Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем/Джордж Ф. Люгер, 4-е издание.: Пер. с англ.–М.: Издательский дом "Вильямс", 2003.–864с.

11. Шампандар Алекс Дж. Искусственный интеллект в компьютерных играх: как обучить виртуальные персонажи реагировать на внешние воздействия/ Алекс Дж. Шампандар: Пер. с англ. – М.: ООО "И.Д. Вильямс", 2007. – 768с.

12. Рассел, С. Дж. Искусственный интеллект: современный подход/ С.Дж. Рассел, Норвиг П. Норвиг, 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1408с.



**"Innovations in Science and
Technologies"**