

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 26.07.2022 10:13:58

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5b426d39e5f1c1eabb73e943df4a4851fda5bd089

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

*На правах рукописи*

**Матохина Анна Владимировна**

Разработка проекта мультиагентной системы для предметно  
ориентированной задачи

*Методические указания для лабораторных работ по дисциплине*

*«Системы искусственного интеллекта»*

*"We deliberate not about ends, but about means. We  
assume the end and consider how and by what means it is  
attained."*

*Aristotle*

Волгоград 2021

**Задание на лабораторную работу 1:** разработка проекта и архитектуры мультиагентной системы для предметно ориентированной задачи в сферах киберфизических систем, компьютерных игр, распределенных систем управления, систем умного хозяйства, голосовых чатботов, системы синтеза новых художественных и технических форм.

**Задачи лабораторной работы:**

1. Дать описание проекту, назначение мультиагентной системы, объект и предмет автоматизации, цели и задачи автоматизации.
2. Описать среду функционирования МАС и требования к агентам с учетом типа среды и мира в котором агент функционирует (в соответствии с Д.А.Поспеловым).
3. Дать описание множество организационных единиц МАС (агентов, объектов манипуляции); множество задач; описание пространства, в котором существуют агенты и объекты; множество отношений между агентами; множество действий агентов (например, операций над объектами)
4. Предложить варианты архитектур мультиагентной системы с описанием типов агентов (рефлексивные, BDI-агенты, степень мобильности агентов, делиберативные агенты) и каналов коммуникаций. Обосновать выбор вариант архитектуры. В случае использования типовой архитектуры (архитектура DYNA, архитектура Glair, архитектура InteRRaP, архитектура Will, IDS-архитектура, делиберативная, реактивна или гибридная архитектура, архитектура доски объявлений), дать описание каждого компонента.
5. Для одной ситуации дать описание стратегий поведения агента, ментальных состояний агента с учетом его модели BDI: возможные желания, возможные убеждения и возможные намерения.
6. Дать описание моделей агентов и стратегий их поведения с учетом архитектуры агента по моделям Б.Хэйес-Рот, П.Маэс, М.Коэну, К.Сикара, Ж.Фербе и согласно стандарту FIPA.
7. Предоставить таблицу и описание агентов по классификация «свободы воли» и Nwana, а также характеру взаимодействия с другими агентами.
8. Дайте описание каким образом будут решаться проблемы коллективного поведения, определить модель кооперативного решения проблем и

- определить возможные конфликты (в системе убеждений агентов, обусловленные неполнотой имеющейся у агента модели окружающего мира и моделей других агентов, связанные с конкуренцией за совместные ресурсы, связанные с наличием противоречивости целей) и механизмы решения конфликтных ситуаций. В соответствии с классификацией Тарасова В.Б., дать определение типам взаимодействия агентов и ситуаций взаимодействия (кооперация, координация, master-slave, распределение по принципу торгов, распределение путем соревнования, модель contract net по Р.Смит).
9. Определить протоколы коммуникации агентов и языки коммуникации, определение иерархического метаязыка, с учетом 3х уровней абстракции: сетевой протокол (TCP), языковой (FIPA ACL, KQML), уровень приложений (что говорить, кому говорить и когда говорить). Дать определение типам переговоров, в соответствии с классификацией J.R.Searle. В соответствии с правовыми и этическими нормами, предложить язык коммуникации с пользователем и методы обоснования полученных результатов, выводов и решений. Привести примеры переговоров агентов, с учетом выбранных протоколов и языков коммуникации.
  10. В соответствии с Agent Interaction Protocol Diagrams, привести диаграмму последовательности одного или нескольких агентов MAS.
  11. Определить стратегии эволюции агентов и жизненного цикла агента.
  12. Обосновать выбор платформы реализации MAS: Tryllian Agent Development Kit, April Agent Platform, Comtec Agent Platform, FIPA-OS, Grasshopper, JACK Intelligent Agents, ZEUS, JAS (Java Agent Services API), JADE, JADE.NET, LEAP, другие.
  13. Описание методов используемых на платформе, с учетом требований к MAS.

**Задание на практическую работу 1:** в соответствии с выбранным объектом автоматизации и поставленными задачами и требованиями к разрабатываемой автономной/интеллектуальной системе провести исследование работ в выбранной области проекта мультиагентной системы, составление аналитического обзора с обоснованными выводами и рекомендациями по применяемым технологиям и методам искусственного интеллекта. Рекомендуется провести исследование не менее 20 публикаций по выбранной тематике из открытых источников.

**Задание на практическую работу 2:** в соответствии с проведенными исследованиями и проработанной архитектурой МАС разработать техническое задания (ТЗ) для проектирования мультиагентной системы с учетом поставленной задачи в одной из сфер.

**Задание на лабораторную работу 2:** с использованием соответствующих библиотек искусственного интеллекта, реализовать одного или несколько агентов МАС и провести исследование эффективности выбранных методов искусственного интеллекта для проекта с использованием типовых метрик искусственного интеллекта.

**Задание на практическую работу 3:** проработка стадий и этапы проектирования и реализации методов и алгоритмов по выбранному проекту, оценить необходимые ресурсы, построить календарный план реализации проекта. Постройте диаграмму Ганта.

## **Agent Interaction Protocol Diagrams. Расширение диаграммы последовательности UML.**

Классические элементы диаграммы последовательности UML

### 1. Объект, Участник (Object, Participant)

Обозначается прямоугольником, в котором указывается информация об участнике действий. Это, как правило, название объекта и его класс, разделенные двоеточием.

Например: saveButton или saveButton:JButton или :JButton

### 2. Линия жизни (Life Line)

Линия, идущая вниз от участника, обозначающая отведенное объекту время жизни. Обозначается пунктирной линией.

### 3. Активация, фрагмент выполнения (Activation Bar, Execution Occurances)

Обозначается узким прямоугольником (серого или белого цвета), расположенным на линии жизни. Указывает начало и завершение действия, в котором участвует объект.

#### 4. Сообщение, Стимул (Message, Stimulus)

Стрелка от одной жизни к другой.



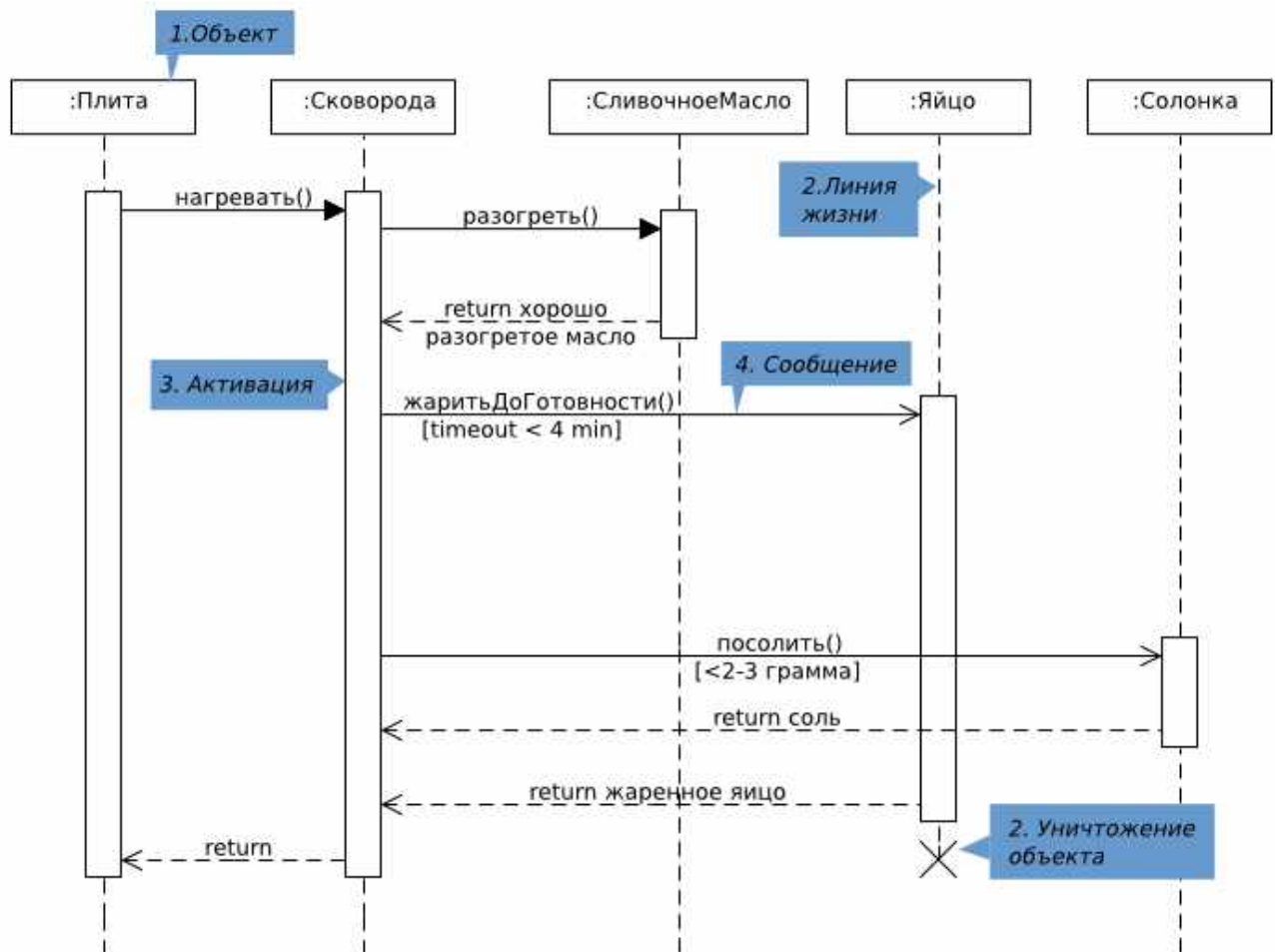
Показывает взаимодействие объектов.



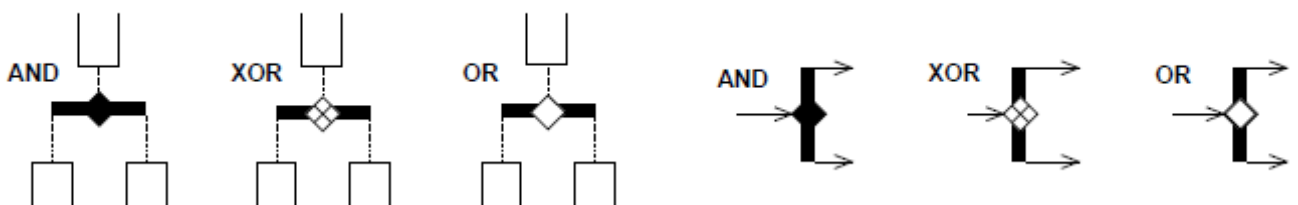
#### 5. Уничтожение объекта

Обозначается диагональным крестом на линии жизни. Обозначает конец жизни объекта.

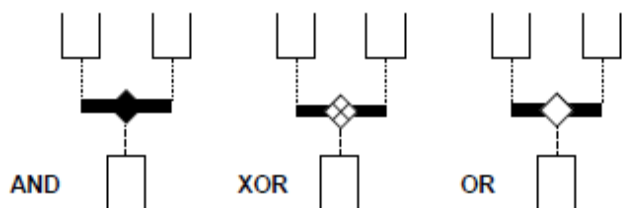
Пример классической диаграммы последовательности “приготовления яичницы” .



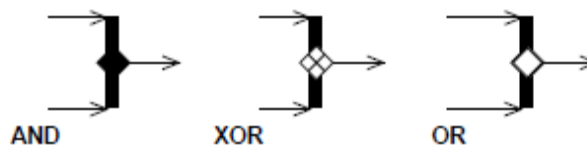
Преодоление предела одного сценария для диаграммы UML. Введение новых элементов контроля вложенности.



## Разбиение линий жизни агентов

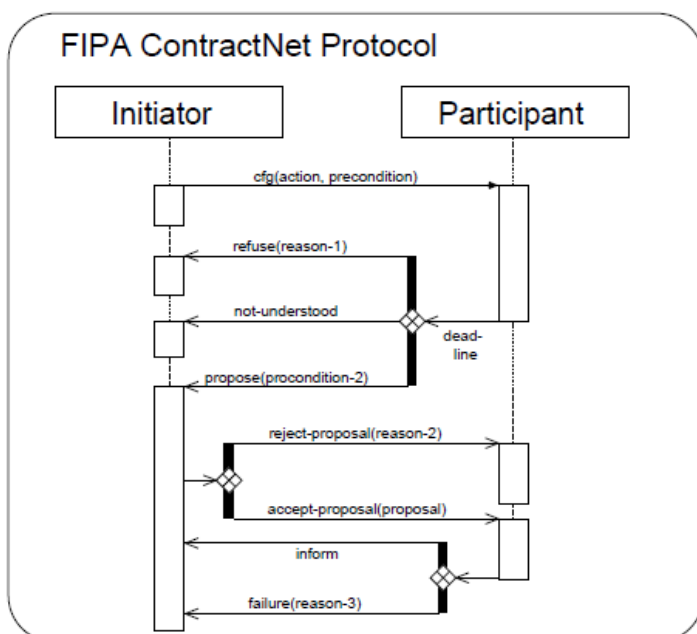


## Разбиение сообщений агентов



## Воссоединение жизненной линии и сообщений агентов

Пример диаграмма протокола сетевого взаимодействия FIPA.



## Типы переговоров по Searle

- репрезентативные: информирующие, например “идет дождь”
- директивные: указание другой стороне сделать что-либо, например “приготовь чай”
- обязательства: одна сторона обещает сделать что-либо
- выразительные: говорящий выражает свое состояние, например “Спасибо!”
- декларативные: например, объявление войны
- 

## Коммуникативные правила «Максимы Грайса»

- Максима количества информации (принцип оптимума количества информации).

Передаваемая агенту информация должна быть достаточной для его действий. Иными словами, сообщение не должно содержать информации больше, чем требуется агенту.

- Максима качества информации (принцип честности агентов или принцип минимума ложной информации).

Агент не должен сообщать ложную информацию другому агенту. Эту максиму можно также выразить “судебной” формулой “Говори правду и только правду” или высказыванием “Не говори того, на что у тебя нет достаточных оснований”.

- Максима релевантности информации.

Передаваемая при взаимодействии агентов информация должна соответствовать контексту диалога. Это можно выразить фразой “Говори по делу”.

- Максима способа (формы) выражения информации.

Передаваемая информация должна быть краткой, точной и упорядоченной. Здесь уместны высказывания “Будь краток”. “Избегай неясных выражений”.

### **Процесс переговоров.**

Процесс переговоров начинается тогда, когда агент посылает сообщение, содержащее его точку зрения (позицию, attitude) по некоторому вопросу.

Посредством обмена сообщениями ASK, TELL, REJECT агенты могут обсуждать некоторую тему и приходиться к общему решению. Во время переговоров агенты обновляют свои базы знаний и, тем самым, повышают свои способности отвечать на новые запросы.

### **Передача сообщений**

Запросы (сообщения) агентов соответствуют формату ACL (Agent Communication Language ) сообщений согласно спецификации «FIPA ACL Message Structure Specification» и содержать следующие параметры:

- performative -тип сообщения. Используется в базе знаний как один из параметров, идентифицирующих сообщение;
- sender-отправитель сообщения. Обязательный параметр сообщения;

- receiver-получатель сообщения. Обязательный параметр сообщения;
- reply-to –адрес агента, которому отправлять ответ;
- content-содержание сообщения (зависит от его типа и назначения агента);
- protocol\_id –идентификатор протокола;

Performative	Summary
request	The sender requests the receiver to execute some actions.
query	The sender queries the receiver about some information the sender does not know.
inform	The sender informs the receiver some information the sender knows.
cfp	The sender calls for proposals of executing some actions.
propose	The sender proposes to execute specific actions under some preconditions.
accept-proposal	The sender accepts the proposal to execute some actions presented in advance.
reject-proposal	The sender rejects the proposal presented in advance.
agree	The sender agrees to execute some actions.
refuse	The sender refuses to execute some actions because the sender cannot execute them.
failure	The sender notifies that it tried to execute some actions and failed the execution by some reasons.
not-understood	The sender notifies that it cannot understand the message the sender received.

### Примеры переговоров

- performative = request  
content = “дверь закрыта”  
speech act = “закрой дверь”
- performative = inform



content = “дверь закрыта”

speech act = “дверь закрыта!”

- performative = inquire

content = “дверь закрыта”

speech act = “дверь закрыта?”

### **Базовые функции коммуникации агентов**

- конативная, соответствует приказу или требованию, когда один агент (заказчик или субординатор) стремится заставить другого агента (исполнителя) выполнить некую работу.

характеризуется фразами типа “Сделай это” или “Ответь на мой вопрос”.

Чаще всего ответы бывают “Согласен” или “Отказываюсь”, порой у агента-исполнителя возникают контрпредложения и начинаются переговоры.

- выразительная, отражает состояние агента-источника сообщения, показывая его намерения, цели, убеждения.

Типичными примерами служат: “Я не удовлетворен твоим ответом” или “Я желаю знать больше об этом событии”.

- денотативная (референциальная) функция сосредоточена на контексте, обеспечивает передачу фактической информации

фатическая, служит для установления, продолжения и прерывания коммуникации (контакта), проверки функционирования канала связи.

Здесь типичны такие предложения как “Я получил твое сообщение” или “Я не смогу ответить на ваш вопрос”.

- эстетическая ориентирована на повышение “качества” сообщения, в частности, благодаря лучшей форме выражения.

металингвистическая обеспечивает рекурсивные связи, позволяя в сообщении говорить о других сообщениях.

Она облачается в такие фразы как “Это очень нужно”.

- паралингвистическую и метаконцептуальную выражается такими фразами как: “Я не понимаю, нельзя ли уточнить?”, “Почему ты у меня это спрашиваешь?” и пр.

## **Теория диалоговых сетей**

Всякий речевой акт представляет собой цепочку фраз (высказываний), в результате которых происходят изменения ментальных состояний у собеседников.

Главные свойства коммуникативных структур типа диалогов (по Т. Винограду и Ф. Флоресу):

1. Диалоги начинаются с исходного речевого акта и характеризуют намерения одного агента по отношению к другому.
2. На каждом шаге диалога существует ограниченный набор возможных действий (принять, отклонить, сделать контрпредложение и т. п.).
3. Существуют терминальные состояния, определяющие завершение диалога.
4. Речевые акты меняют не только состояние диалога, но и состояния агентов (убеждения, желания, намерения), которые всегда зависят от диалога и его результатов.

## **Переговоры**

Нет единого мнения о том, является ли данная (или вообще какая-нибудь) топология переговоров правильной

В общем случае, можем считать, что во всех сообщениях есть две компоненты:

- Действие (performative) (например, информирование, обещание)
- Содержание (content) (например, “дверь закрыта”)

## **Критерии группообразования базовых типов взаимодействия агентов**

- а) совместимость целей агентов;
- б) потребность в чужом опыте (знаниях);
- в) совместное использование ресурсов.

## Базовые типы взаимодействия агентов

ТИП СИТУАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АГЕНТОВ	Совместимость целей	Потребность в чужом опыте	Наличие распределенных ресурсов
Координируемое сотрудничество	+	+	+
Простое сотрудничество	+	+	-
Непродуктивное сотрудничество	+	-	+
Безразличие (независимость)	+	-	-
Коллективное соперничество за ресурсы	-	+	+
Чистое коллективное (командное) соперничество	-	+	-
Индивидуальное соперничество за ресурсы	-	-	+
Чистое индивидуальное соперничество	-	-	-

наличие признаков +, отсутствие -, получаем восемь базовых ситуаций взаимодействия

### Типы ситуаций взаимодействия

- Независимость агентов - отсутствие МАС .
- Простое сотрудничество предполагает интеграцию опыта отдельных агентов (выражающуюся в распределении задач и обмене знаниями), когда не требуются дополнительные мероприятия по координации их действий.
- Непродуктивное сотрудничество реализует известную ситуацию «лебедя, рака и щуки» из басни И.А.Крылова, когда агенты, не имея потребности в опыте друг друга, но совместно используя ресурсы, мешают друг другу.

- Координируемое сотрудничество означает, что агенты должны согласовать свои действия (возможно, с помощью специального агента-координатора), чтобы продуктивно использовать располагаемые опыт и ресурсы.
- Чистое индивидуальное соперничество, когда агенты поставлены в практически одинаковые условия, а доступ к ресурсам не является причиной конфликта. Примером служит участие агентов в конкурсе на получение некоторого задания. Здесь при несовместимости целей агенты вынуждены вести переговоры друг с другом.

### Типы ситуаций взаимодействия

- Индивидуальное соперничество за ресурсы представляет собой классический вариант конфликтной ситуации, когда каждый агент хочет монополизировать имеющиеся совместные ресурсы.
- Чистое коллективное соперничество агентам, имеющим различные индивидуальные цели, но недостаточный опыт для их достижения, приходится объединяться в коалиции:
  - при этом вначале происходит формирование групп агентов,
  - а затем начинается соперничество между этими группами.
- Коллективное соперничество за ресурсы, т.е. ситуация, комбинирующая коллективное соперничество и индивидуальные конфликты за ресурсы, представляет собой наиболее продуктивный случай конфликтной ситуации, поскольку конкурирующие группы способствуют ликвидации монополий и расширению рынка услуг.

### Диапазон реального взаимодействия агентов

- на полярной шкале «конкуренция – кооперация» степень соперничества – сотрудничества определяется числами,
  - (1, 0) при полном антагонизме агентов
  - (0, 1) при полном сотрудничестве
  - (0.5, 0.5) точка наиболее противоречивого (двусмысленного) взаимодействия,
  - неопределенность (?, ?).
- критериями признака «централизация–децентрализация» например,

- тип организации в зависимости от уровня согласования целей агентов (шкала унитарная - федеральная);
- тип управления (шкала иерархия - гетерархия);
- тип мировосприятия агентов (шкала эгоцентризм - полицентризм).

Кооперацию можно рассматривать двояко:

а) извне, с точки зрения внешнего для данной МАС наблюдателя;

- наблюдатель, ничего не знает о ментальных состояниях или намерениях агентов
- исходными критериями служат эффективность групповой деятельности агентов в МАС и наличие механизмов разрешения конфликтов.

кооперация = сотрудничество + координация действий + разрешение конфликтов

б) изнутри МАС как форму поведения агентов, решивших работать совместно.

преднамеренное поведение:

кооперация = общая цель + обязательства агентов.

Примерами использования внутренней кооперации уставы различных ассоциаций, члены которых принимают общую цель и берут на себя обязательства совместно участвовать в некоторой работе.

**Уровень кооперации агентов в МАС можно определить на основе следующих показателей**

1. Высокая степень распределения ресурсов (в том числе знаний);
2. Избегание (или малая длительность конфликтов);
3. Координация действий, включая согласование направления действий агентов в пространстве и во времени;
4. Высокая степень запараллеливания (совмещения) задач, решаемых различными агентами;
5. Неизбыточность действий, довольно малое число дублирующих, повторяющих друг друга действий;
6. Устойчивость, понимаемая как способность МАС пережить отказ или потерю агента.

## **Ограничения кооперации агентов**

- их удаленность друг от друга;
- повышенный уровень автономии агента по отношению к группе;
- малая интенсивность коммуникации агентов;
- сильная взаимозависимость решаемых задач (например, когда один агент не может начать свою задачу без другого).

## **Способы централизованного распределения задач**

- командное управление или система «господин-раб» (master-slave),
  - агент-менеджер самостоятельно распределяет все задачи между заранее определенными агентами-исполнителями и контролирует их выполнение;
- распределение по принципу торгов (или «объявление конкурса»),
  - агент-менеджер распространяет объявление об общем задании, а потенциальные агенты-исполнители предлагают свои услуги,
  - исполнители заранее не определены, а отбираются в результате конкурса;
  - но распределение отдельных задач, и контроль остаются прерогативой менеджера;
- распределение путем соревнования,
  - агенты-исполнители дают свои предложения уже на уровне отдельных задач,
  - происходит подбор исполнителя под конкретную задачу,
  - роль менеджера сводится к контролю и координации их действий.

## **Механизмы коммуникации**

Непосредственная коммуникация связана с обменом информацией путем передачи сообщений:

- децентрализованная система с локальным управлением взаимодействием
- преимуществами систем, основанных на акторах, являются модульная структура и локализация знаний (отсутствие глобальной базы знаний).

Опосредованные реализуется с помощью архитектуры «доски объявлений» (blackboard) :

- взаимодействия нескольких агентов осуществляется посредством доски объявлений, на которой написаны все известные сведения и указаны решаемые задачи
- агенты в зависимости от их опыта пытаются заполнить доску объявлений
- доска объявлений рассматривается как промежуточный модуль - посредник для осуществления различных взаимодействий между агентами

*В протоколе коммуникации должны содержаться*

- тип коммуникативного акта,
- имена агентов отправителя и получателя сообщений,
- содержание передаваемого сообщения.
- характер изменения знаний агентов в процессе коммуникации.

### **Языки коммуникации (ACL, KQML) и координации агентов (AgenTalk)**

Для взаимодействия агентов используются *языки коммуникаций между агентами (agent communication languages, ACLs)* — стандартные протоколы обмена сообщениями обеспечивают согласованное взаимодействие агентов:

- циркуляцию информации,
- передачу запросов услуг,
- реализуют механизмы переговоров,
- поддерживают сотрудничество между агентами, направленное на достижение общей цели и, как следствие, формирование коллективов агентов.

Эти языки можно рассматривать как многоуровневые структуры, включающие:

- уровень представления знаний,
- уровень переговоров или координации,
- уровень стратегий коммуникации, и т. п.

## Язык KQML (Knowledge Query and Manipulation Language)

- Служит для поддержки взаимодействия агентов в распределенных приложениях, опирается на специальный

протокол переноса знаний

SKTP (Simple Knowledge Transfer Protocol).

- KQML разработан по инициативе ARPA и состоит из двух частей:
  - Язык запроса и манипуляций данными (KQML)
  - Формат обмена данными (KIF)

## KQML и KIF

- **KQML** – “внешний” язык, который определяет множество допустимых коммуникативных действий (performatives).
- *Например:*
  - *ask-if* (‘это правда, что. . . ’)
  - *perform* (‘выполни следующее действие... ’)
  - *tell* (‘сообщи. . . ’)
  - *reply* (‘ответ. . . ’)
- **KIF** – это язык для описания содержимого сообщения
  - “*The temperature of m1 is 83 Celsius*”:  
(= (*temperature m1*) (*scalar 83 Celsius*))
  - “*An object is a bachelor if the object is a man and is not married*”:  
(*defrelation bachelor (?x) :=*  
(*and (man ?x) (not (married ?x))*))
  - “*Any individual with the property of being a person also has the property of being a mammal*”:  
(*defrelation person (?x) :=> (mammal ?x)*)

## Структура сообщения FIPA ACL



- Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA) организация разрабатывающая стандарты построения и взаимодействия агентов и агентных платформ.

Центральное место занимает стандарт протокола ACL

- Общая структура этого протокола похожа на KQML:

- *Действие (performative)*  
20 performatives в FIPA ACL
- *Роль (housekeeping)*  
например, отправитель (sender)
- *Содержание(content)*  
Информационная часть сообщения

- *Пример:*

```
(inform
  :sender      agent1
  :receiver   agent5
  :content (price good200 150)
  :language   sl
  :ontology   hpl-auction
)
```

### Основные действия в FIPA ACL – “Inform” и “Request”

Смысл “inform” и “request” определен в двух частях:

- начальные условия, что должно выполняться для того, чтобы акт переговоров прошел успешно,
- “рациональный эффект”, что отправитель сообщения надеялся осуществить.

	Для действия “inform”:	Для действия “request”:
Тело сообщения	некое утверждение (statement)	некое действие (action)
Начальные условия в том, что отправитель	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ считает, что информация справедлива</li> <li>✓ намеревается информировать получателя</li> <li>✓ не полагает, что получатель уже знает эту информацию</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ хочет, чтобы действие, описанное в теле сообщения было выполнено</li> <li>✓ думает, что получатель способен выполнить это действие</li> <li>✓ Не полагает, что получатель уже собирается выполнить это действие</li> </ul>

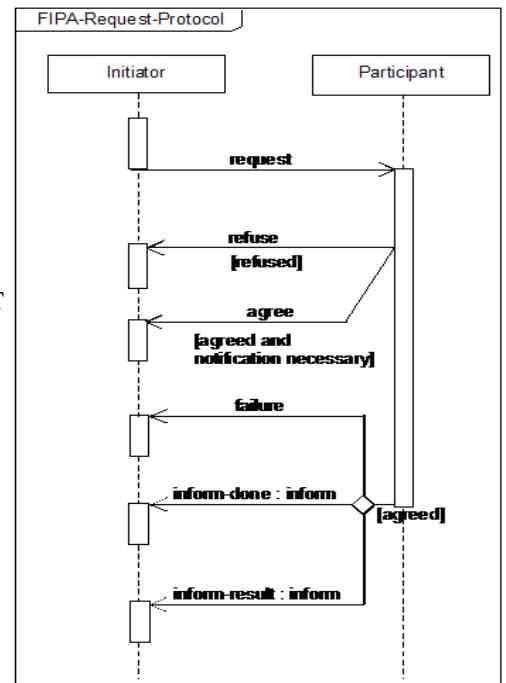
## Протоколы взаимодействия (Interaction protocols)

Протоколы взаимодействия FIPA – заранее определенные протоколы обмена ACL сообщениями. Для описания IP существуют разные нотации:

- Расширение UML нотации, AUMI (приведено выше),
- Раскрашенные сети Петри (colored Petri nets).

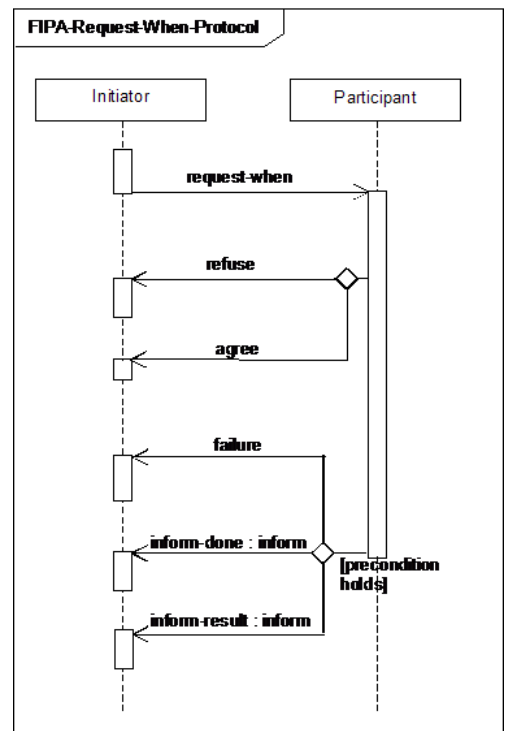
### Request IP:

- позволяет одному агенту запросить другого выполнить действие,
- получатель обрабатывает запрос и принимает решение о выполнении действия.



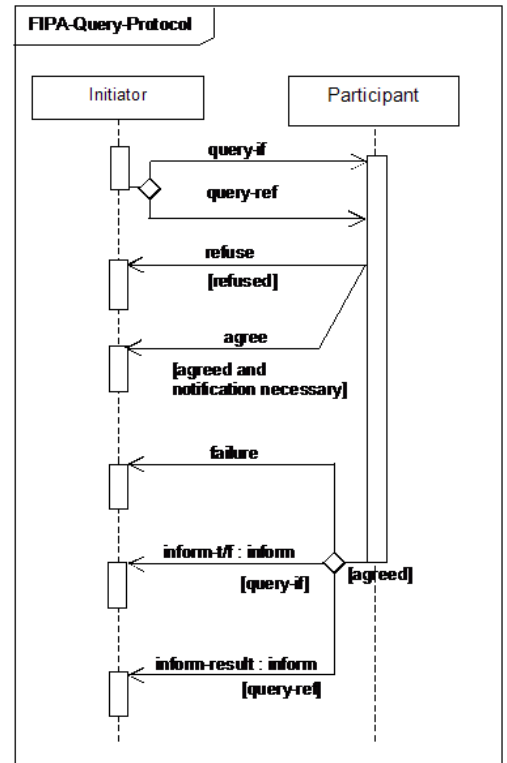
### Request-When IP:

- Позволяет одному агенту запросить другого выполнить действие, когда определенное условие выполнится
- Получатель обрабатывает запрос и принимает решение о выполнении действия.

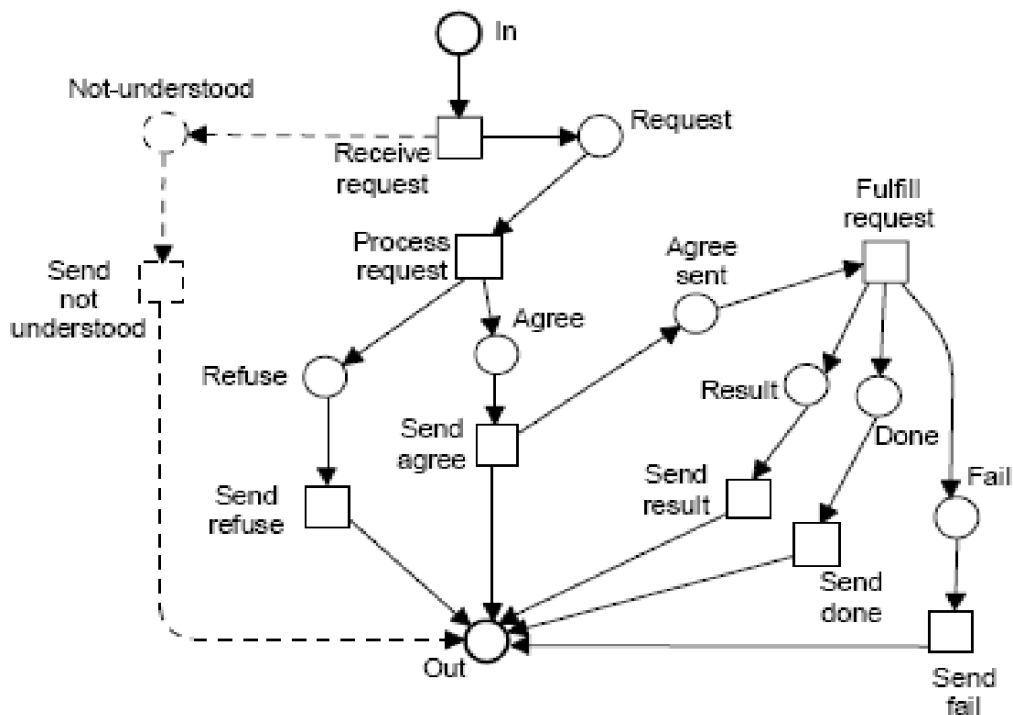


## Query IP

- Позволяет одному агенту запросить другого выполнить “inform”-действие
- Получатель обрабатывает запрос и принимает решение о выполнении действия.



## Использование сетей Petri для нотации IP-протоколов



## Проблемы использования коллективного поведения.

- формирование совместных планов действий,
- возможность учета интересов компаньонов агента,

- синхронизация совместных действий,
- наличие конфликтующих целей,
- наличие конкуренции за совместные ресурсы,
- организацию переговоров о совместных действиях,
- распознавание необходимости кооперации,
- выбор подходящего партнера,
- обучение поведению в коллективе,
- декомпозиция задач и разделение обязанностей,
- правила поведения в коллективе,
- совместные обязательства и т. д.

Модель кооперативного решения проблем (CPS).

В процессе формирования кооперативного решения выделяют четыре этапа:

- Распознавание. Процесс кооперативного решения начинается тогда, когда агент распознает целесообразность кооперативного действия. Например, у агента имеется цель, достичь которую в изоляции (по его убеждению) он не способен, или для ее достижения он предпочитает кооперацию.
- Формирование группы агентов. На этой стадии агент, установивший возможность совместного действия, ищет партнеров. При успешном завершении этой стадии образуется группа агентов, имеющих совместные обязательства для коллективных действий.
- Формирование совместного плана. Это та стадия, на которой агенты договариваются с целью выработать совместный план, который по их убеждению приведет к желаемой цели.
- Совместные действия. Здесь агенты действуют согласно выработанному плану, поддерживая взаимодействие согласно принятым на себя обязательствам.

Распознавание основывается на определении потенциала для кооперации агентов. По отношению к цели  $f$  агента  $i$  имеется потенциал для кооперации тогда и только тогда, когда

- имеется некоторая группа  $g$ , такая, что  $i$  верит, что  $g$  может совместно достичь  $f$ , и, либо
- $i$  не может достичь  $f$  в изоляции, либо
- $i$  верит, что для каждого действия  $a$ , которое он мог бы выполнить для достижения цели  $f$ , он имеет иную цель, влекущую невыполнение действия  $a$ .

Формирование группы агентов: неформально, процедура образования группы заключается в том, что агент  $i$  (имеющий цель  $f$ ), у которого имеется потенциал для кооперации с группой  $g$ , пытается реализовать в группе  $g$  состояние, в котором группа может совместно достичь цели  $f$ , и в котором группа  $g$  обязуется

выполнять действия совместно в соответствии со своими обязательствами.

Коллективные действия не могут начаться до тех пор, пока в группе не будет достигнуто соглашение, что конкретно будет делать каждый агент.

Для выработки такого соглашения служит стадия формирования совместного плана.

Переговоры являются механизмом выработки такого соглашения. Протокол переговоров есть распределенный алгоритм поиска соглашения.

Во время переговоров агенты :

- предлагают планы,
- уточняют их с другими агентами,
- модифицируют предложенные планы и т. п.
- до тех пор, пока все агенты не согласятся с единым планом.

В начальном состоянии стадии совместных действий в группе имеется общий план, и группа имеет намерение продолжать совместные действия.

При нормальном ходе этого процесса действия выполняются согласно принятому плану вплоть до его завершения.

Однако в некоторых ситуациях совместные действия могут прерываться.

Например, в процессе совместных действий некий агент  $i$  может прийти к убеждению, что совместная цель  $f$  больше не является его целью.

В этом случае его совместные обязательства диктуют ему условия, при которых он может отказаться от совместных обязательств, сообщить об этом группе и прекратить совместные действия, если это допустимо.

### **Механизм разрешения конфликтов, основанный на модели убеждений с приоритетами.**

Символьное шкалирование приоритетов убеждений.

Убеждениям ставятся в соответствие приоритеты трех уровней:

- ограничения (constraints)
- предпочтения (preferences)
- гипотезы (options).

Для убеждения  $Q$  степень доверия  $BD$  есть одно из следующих значений:

$$BD(Q) \in \{N, P, O, U\},$$

где

$N$  (от necessarily) означает, что  $Q$  - необходимо истинно,

$P$  (от preferably):  $Q$  - предпочтительное убеждение,

$O$  (от optionally):  $Q$  - возможное убеждение,

$U$ :  $Q$  есть ложь.

## **Механизм разрешения конфликтов с помощью введения уровней компетентности агентов**

Определение уровня доверия к убеждению  $b$  (Barbuceanu, M. S. Fox, Conflict Management with a Credibility):

Если:

*$b_1$  есть убеждение агента  $a_1$ , имеющего цель в роли  $r_1$ , такое, что  $b_1$  требуется для достижения этой цели, и*

*$b_2$  есть убеждение агента  $a_2$ , имеющего цель в роли  $r_2$ , такое, что  $b_2$  необходимо для достижения этой цели, и*

*$b_1$  конфликтует с  $b_2$ ,*

Тогда:

*$b_1$  имеет больший уровень доверия, чем  $b_2$  тогда, и только тогда, когда, в соответствии с уровнем компетентности  $(a_2 r_2) < (a_1 r_1)$ , или, иными словами, агент  $a_1$ , играющий роль  $r_1$ , более компетентен, чем  $a_2$  в роли  $r_2$ .*

## **Определение эволюционной многоагентной системы (ЭМАС)**

$$EMAS = (A, E, R, ACT, P, ST, EV),$$

где  $A = \{1, \dots, n\}$  — множество неоднородных агентов различных типов;

$E$  — множество сред, в которых функционируют агенты;

$R$  — семейство базовых отношений между агентами;

$ACT$  — множество действий агентов;

$P$  — множество коммуникативных актов, образующих протокол коммуникации в МАС;

$ST$  — множество состояний МАС (задающих ее текущую организационную структуру);

$EV$  — множество эволюционных стратегий.

## Литература:

1. <http://jade.tilab.com/doc/index.html> Основная документация по JADE
2. <http://jade.tilab.com/wade/doc/WADE-User-Guide.pdf> WADE (Workflows and Agents Development framework) USER GUIDE
3. <http://jade.tilab.com/doc/tutorials/JADEProgramming-Tutorial-for-beginners.pdf> JADE PROGRAMMING FOR BEGINNERS
4. Modeling Agent Interaction Protocols with AUML Diagrams and Petri Nets By Lawrence Cabac  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/0470861223.app3>
5. ALI DORRI, SALIL S. KANHERE, RAJA JURDAK, Multi-Agent Systems: A survey // April 2018, DOI:10.1109/ACCESS.2018.2831228  
[https://www.researchgate.net/publication/324847369\\_Multi-Agent\\_Systems\\_A\\_survey](https://www.researchgate.net/publication/324847369_Multi-Agent_Systems_A_survey)
6. Introductory Chapter: Multi-Agent Systems By Jorge Rocha, Inês Boavida-Portugal and Eduardo Gomes // Submitted: December 14th 2016 Reviewed: June 28th 2017 Published: September 13th 2017  
<https://www.intechopen.com/chapters/56573>
7. Agents and Multi-Agent Systems: A Short Introduction for Power Engineers, DOI: 10.5772/intechopen.70241
8. Agents and Multi-Agent Systems: A Short Introduction for Power Engineers // Dr. Mevludin Glavic, University of Liege Electrical Engineering and Computer Science Department Sart-Tilman B-28 4000 Liege, BELGIUM  
[https://people.montefiore.uliege.be/glavic/MAS-Intro\\_Tech\\_report.pdf](https://people.montefiore.uliege.be/glavic/MAS-Intro_Tech_report.pdf)
9. Lektion 2. Agent Architectures.  
<http://www.slideshare.net/ToniMorenoURV/agent-architectures-3181662>
10. General Architecture of Intelligent Agent  
<http://blogbongale.wordpress.com/2012/05/09/general-architecture-intelligent-agent/>
11. Тарасов В.Б., АГЕНТЫ, МНОГОАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ, ВИРТУАЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА: СТРАТЕГИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В ИНФОРМАТИКЕ И ИСКУССТВЕННОМ ИНТЕЛЛЕКТЕ // Журнал

«Новости искусственного интеллекта»  
<http://www.raai.org/library/ainews/1998/2/TARASOV.ZIP>

№2, 1998