



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

Кафедра Вычислительной техники

Магистерская программа

«Семантические технологии и многоагентные системы»

Дисциплина: «Интеллектуальные агенты и многоагентные системы»

Лекция 6

Коммуникация в МАС

Содержание лекции

1. Теория речевых актов.
2. Языки коммуникации агентов. KQML, FIPA ACL
 - Синтаксис языков
 - Семантика речевых актов
3. Языки содержания агентных коммуникаций KIF, FIPA SL.
4. Протоколы коммуникации агентов.

Особенности коммуникации в МАС

- Коммуникация в традиционных параллельных и распределенных программных системах:
 - Синхронизация множества процессов. Пример, разрешение сценария “потеря обновления”:
 - два процесса $p1$ и $p2$ обращаются к разделяемой переменной v ; во время модификации v процессом $p1$, $p2$ читает v и перезаписывает ее старое значение; обновление от $p1$ теряется;
- Коммуникация в ООП:
 - Вызов методов между различными модулями:
 - Объект **o2** вызывает метод **m1** объекта **o1** выполняя код **o1.m1(arg)**, где “arg” - аргумент коммуникации
 - какие объекты *принимают решение* о выполнении метода **m1**?
- Коммуникация в МАС:
 - Автономные агенты сами управляют своим состоянием и поведением;
 - Коммуникация агентов подразумевает взаимодействие, т.е. агенты выполняют коммуникативные действия (акты);
 - Агенты могут выполнять коммуникативные действия, пытаясь влиять на других агентов;
 - Методы выполняются в соответствии с собственными интересами агента;

Теория речевых актов – Дж.Остин

- Трактовка коммуникаций в МАС сформировалась под воздействием *Теории речевых актов* (Speech Acts Theory)
- *Теория речевых актов*:
 - Берет начало с работы философа Дж. Остина (John Austin “How to Do Things with Words”, 1962)
 - Изучает *прагматическое использование* языка
 - попытка объяснить, как язык используется людьми в повседневной жизни для достижения своих целей и намерений
 - Трактует *коммуникацию как действие*
 - речевые действия выполняются агентами аналогично другим действиям, для осуществления своих намерений

Теория речевых актов – Дж.Остин

Дж. Остин (J. Austin) отметил, что некоторые высказывания в определенной степени *аналогичны «физическим действиям»*, которые проявляются в *изменении состояния мира*

- Например:
 - «Объявляю вам войну»;
 - ‘«Объявляю вас мужем и женой»;
- Дж. Остин идентифицировал ряд *перформативных глаголов*, соответствующих различным типам речевых актов
 - Например:
 - *request* – запрашивать (требовать);
 - *inform* – информировать;
 - *promise* – обещать;
 - ...

Речевые акты - Дж. Сёрл

Дж. Сёрл (John Searle) развил подход Остина и идентифицировал (1969) *пять основных типов речевых актов*:

- *Репрезентативы* (*Representatives*) – фиксация говорящим истинности некоторого факта, например, «Идет дождь» (*информирование*);
- *Директивы* (*Directives*) – попытка *подвигнуть слушателя* к совершению некоторого действия, ‘пожалуйста сделай чай’ (*запрос*);
- *Обязательства* (*Commissives*) – обязывают говорящего что-то сделать, например, «Я обещаю ...» (*обещания*);
- *Экспрессивы* (*Expressives*) – говорящий выражает ментальное состояние, например ‘Спасибо!’ (*благодарность*);
- *Декларации* (*Declarations*) – воздействуют на изменение состояния, такие как "объявление войны" (*объявления*);

Языки коммуникации агентов: KQML и KIF

- *Языки коммуникации агентов* (Agent communication languages, ACL) представляют собой стандартный формат для обмена сообщениями
- В начале 1990-х в рамках проекта KSE (Knowledge Sharing Effort) было разработано два ACL:
 - **KQML** (Knowledge Query and Manipulation Language) – язык запросов и манипулирования знаниями, являющийся «внешним» языком агентных коммуникаций;
 - **KIF** (Knowledge Interchange Format) – язык для *выражения содержания*, основанный на ЛППП (формат обмена знаниями);

Язык KIF (Knowledge Interchange Format)

- KIF позволяет агентам выражать:
 - свойства вещей в предметной области
 - “Иван является вегетарианцем”
 - отношения между вещами в предметной области
 - “Иван и Мария родственники”
 - общие свойства предметной области (\forall -квантификация):
 - Например “Все студенты зарегистрированы хотя бы на один курс” (\forall -квантификация)

- Примеры:

- “Температура объекта O1 есть 75°C”:

- ```
(= (temperature O1) (scalar 83 Celsius))
```

- “Объект является холостяком, если он является человеком и не состоит в браке”:

- ```
(defrelation bachelor (?x) :=  
                                (and (man ?x) (not (married ?x))))
```

- “Любой человек является млекопитающим”:

- ```
(defrelation person (?x) :=> (mammal ?x))
```



# Язык KQML – Knowledge Query and Manipulation Language

- KQML определяет *коммуникативные глаголы* или *перформативы* (*performatives*) например :
  - **ask-if** ('правда ли, что...?')
  - **perform** ('пожалуйста, выполни следующее действие...')
  - **tell** ('правда, что...')
  - **reply** ('ответ таков...')
- Каждое сообщение имеет *перформатив* (тип сообщения) и множество параметров:
  - Запрос цены на акции IBM:

**(ask-one**

**:content (PRICE IBM ?PRICE)**

**:receiver stockServer**

**:language LPROLOG**

**:ontology NYSE-TICKS**

**)**

# KQML – Параметры сообщений

## Значения параметров

|                           |                                             |
|---------------------------|---------------------------------------------|
| <code>:content</code>     | содержание сообщения                        |
| <code>:language</code>    | формальный язык сообщения                   |
| <code>:ontology</code>    | терминология, на которой основано сообщение |
| <code>:reply-with</code>  | идентификатор ожидаемого ответа             |
| <code>:in-reply-to</code> | id ответа                                   |
| <code>:sender</code>      | отправитель                                 |
| <code>:receiver</code>    | получатель                                  |

# KQML – Пример диалога

Dialogue (a)

(evaluate

:sender A :receiver B  
:language KIF :ontology motors  
:reply-with q1 :content (val (torque m1)))

Разговор о двигателях

Ссылка запроса Q1

(reply

:sender B :receiver A  
:language KIF :ontology motors  
:in-reply-to q1 :content (= (torque m1) (scalar 12 kgf)))

Вопрос о крутящем  
моменте двигателя 1

Ответ: “Это 12kgf”

Dialogue (b)

(stream-about

:sender A :receiver B  
:language KIF :ontology motors  
:reply-with q1 :content m1)

Потоковая передача  
сообщений, например запрос  
всех доступных знаний

(tell

:sender B :receiver A  
:in-reply-to q1 :content (= (torque m1) (scalar 12 kgf)))

(tell

:sender B :receiver A  
:in-reply-to q1 :content (= (status m1) normal))

(eos

:sender B :receiver A  
:in-reply-to q1)

Указание “Конец потока”

## Недостатки KQML

- Базовое множество перформативов KQML было чрезмерно большим и нестандартизированным
  - были разработаны различные реализации KQML, которые были не интероперабельны
- Языку не хватало перформатива *commissives*
  - Необходим для агентов, координирующих свои действия
- Это привело к разработке консорциумом FIPA нового языка – ***FIPA ACL***

# Язык FIPA ACL

- FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) - организация по разработке стандартов мультиагентных систем.
  - В 2005 г. официально принята в IEEE в качестве одиннадцатого комитета стандартов;
- Цель FIPA - создание стандартов, способствующих интероперабельности агентных приложений и систем
- Синтаксис и основные понятия FIPA ACL очень близки KQML
- Пример:

```
(inform
 :sender agent1
 :receiver agent2
 :content (price good2 150)
 :language sl
 :ontology hpl-auction
)
```

## Множество перформативов FIPA ACL

| performative     | passing info | requesting info | negotiation | performing actions | error handling |
|------------------|--------------|-----------------|-------------|--------------------|----------------|
| accept-proposal  |              |                 | X           |                    |                |
| agree            |              |                 |             | X                  |                |
| cancel           |              | X               |             | X                  |                |
| cfp              |              |                 | X           |                    |                |
| confirm          | X            |                 |             |                    |                |
| disconfirm       | X            |                 |             |                    |                |
| failure          |              |                 |             |                    | X              |
| inform           | X            |                 |             |                    |                |
| inform-if        | X            |                 |             |                    |                |
| inform-ref       | X            |                 |             |                    |                |
| not-understood   |              |                 |             |                    | X              |
| propose          |              |                 | X           |                    |                |
| query-if         |              | X               |             |                    |                |
| query-ref        |              | X               |             |                    |                |
| refuse           |              |                 |             | X                  |                |
| reject-proposal  |              |                 | X           |                    |                |
| request          |              |                 |             | X                  |                |
| request-when     |              |                 |             | X                  |                |
| request-whenever |              |                 |             | X                  |                |
| subscribe        |              | X               |             |                    |                |

# Перформативы FIPA ACL - Запросы информации

## **query-if**

Прямой запрос истинности утверждения. Вопрос другому агенту, считает ли он данное утверждение истинным

## **query-ref**

Прямой запрос значения выражения. Просьба к другому агенту, проинформировать об объекте, идентифицируемом некоторым описанием

## **subscribe**

Отправитель просит уведомлять его, когда утверждение изменится. Агент, получивший `subscribe`, будет *всегда информировать отправителя* о требуемом значении указанного объекта. (Устойчивая версия `query-ref`)

# Перформативы FIPA ACL - *Передача информации*

- inform** наиболее важный (наряду с request) перформатив; основной механизм для коммуникации. Агент-отправитель:
- считает некоторое утверждение истинным;
  - еще не убежден, что получатель имеет какие-либо знания об истинности утверждения;
  - имеет намерение, чтобы агент-получатель также стал считать это утверждение истинным;
- inform-if** информирует другого агента, убежден ли агент в данном утверждении или нет
- inform-ref** информирует другого агента о значении выражения, указанного в параметре содержание; обычно – в ответ на сообщение request
- confirm** подтверждает истинность содержания (получатель не был уверен)
- disconfirm** подтверждает ложность содержания (получатель не был уверен)



# Перформативы FIPA ACL - *Переговоры*

**cfp**

(call for proposals) Инициация процесса переговоров, путем запроса делать предложения о выполнении указанного действия. Параметр content содержит действие, которое желательно выполнить некоторому другому агенту (например, «купи мне автомобиль») и условие (например, «цена < 1000\$»);

**propose**

Предложение (или ответ на сделанное во время переговоров предложение) выполнить заданное действие, чтобы определенные условия стали истинными;

**accept-proposal**

Принятие ранее сделанного (как правило, с использованием речевого акта propose) предложения;

**reject-proposal**

Отклонение ранее сделанного предложения

# Перформативы FIPA ACL – *Выполнение действий*

- request** Отправитель требует, чтобы получатель выполнил действие, описанное в поле content
- request-when** Определенное действие должно выполняться, как только становятся истинными заданные предусловия
- request-whenever** Определенное действие должно выполняться сразу, как только становится истинным заданное предусловие, и это действие должно выполняться всякий раз в будущем, когда данное условие становится истинным
- agree** Согласие выполнить некоторое действие, в соответствии с предшествующим требованием (request)
- cancel** Агент А информирует агента В о том, что у А больше нет намерения, чтобы В выполнял ранее затребованное действие
- refuse** Отказ от выполнения ранее затребованного действия с указанием причины

# Семантика коммуникативных актов

Семантика коммуникативного акта *inform*

Агент *i* информирует агента *j* о содержании  $\phi$  :

$\langle i, \text{inform}(j, \phi) \rangle$

**FP:**  $B_i(\phi) \wedge \neg B_i(B_j(\phi) \vee I(B_j(\phi)))$

**RE:**  $B_j(\phi)$

**FP** (feasibility preconditions) – предусловия выполнимости, описывают необходимые условия для отправителя КА.

**RE** (rational effect) – рациональный эффект

Пример:

```
(inform
 :sender (agent-identifier :name i)
 :receiver (set (agent-identifier :name j))
 :content "weather (today, raining)"
 :language Prolog
)
```

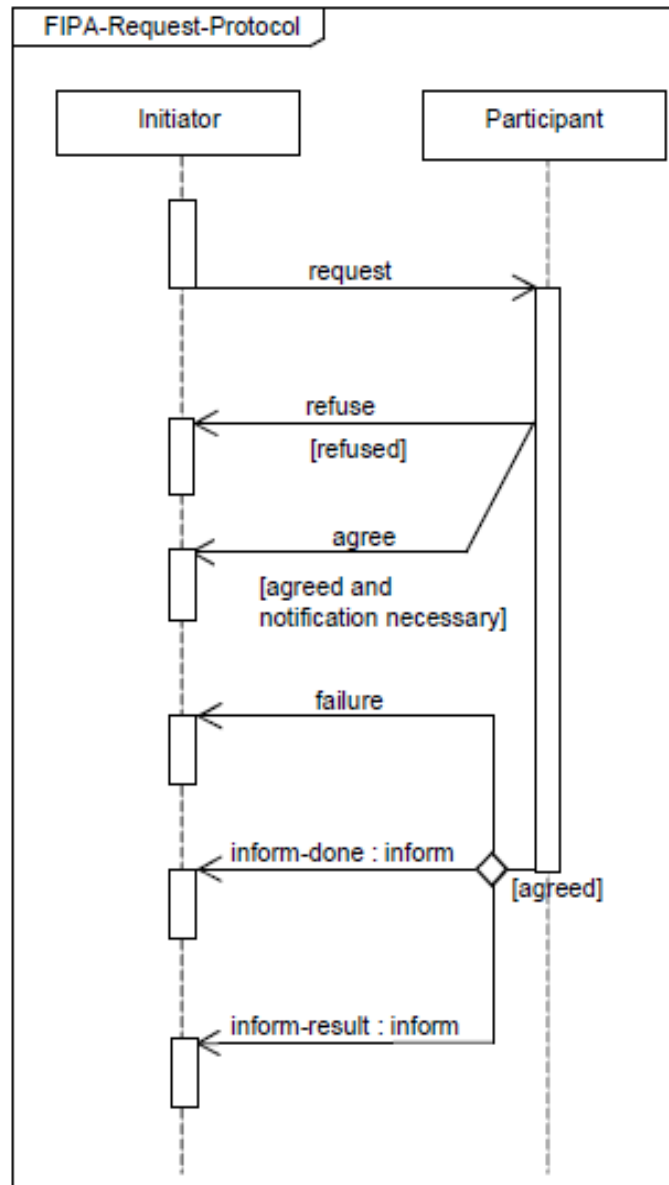
# FIPA Протоколы взаимодействия (ПВ)

Протоколы взаимодействия (ПВ) представляют собой стандартизованный обмен перформативами в хорошо известных ситуациях

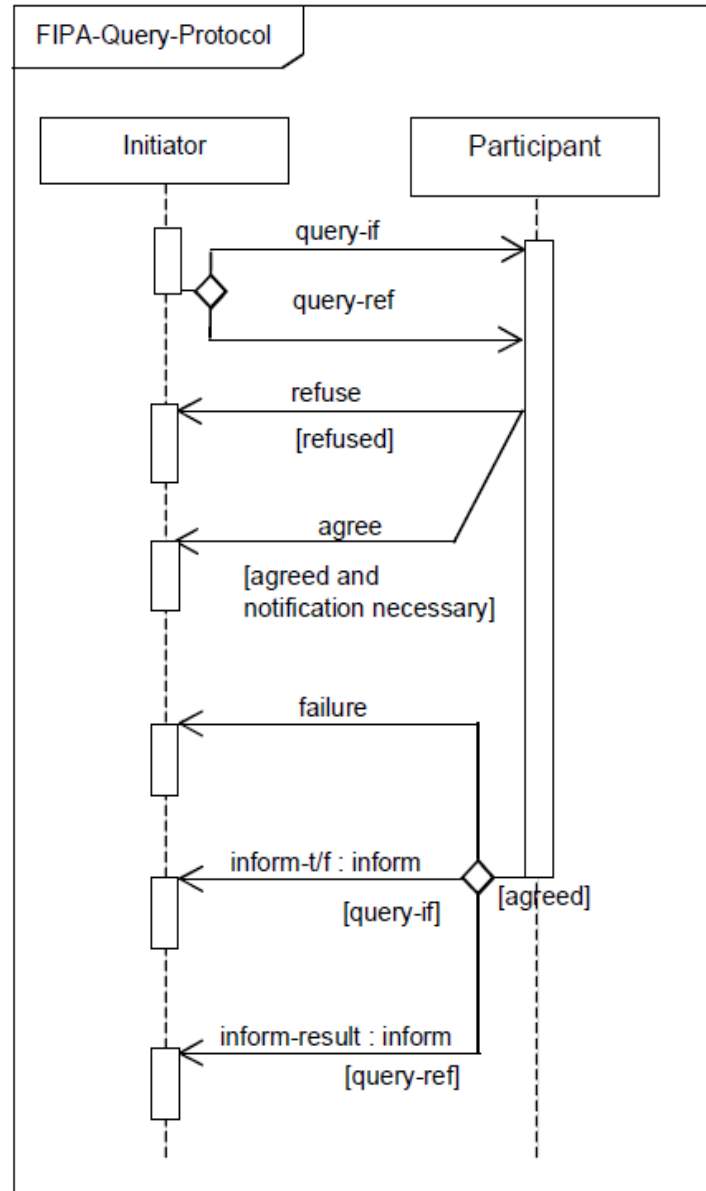
*FIPA определила ПВ:*

- FIPA Request
- FIPA Query
- FIPA RequestWhen
- FIPA ContractNet
- FIPA IteratedContractNet
- FIPA AuctionEnglish
- FIPA AuctionDutch
- FIPA Brokering
- FIPA Recruiting
- FIPA Subscribe
- FIPA Propose

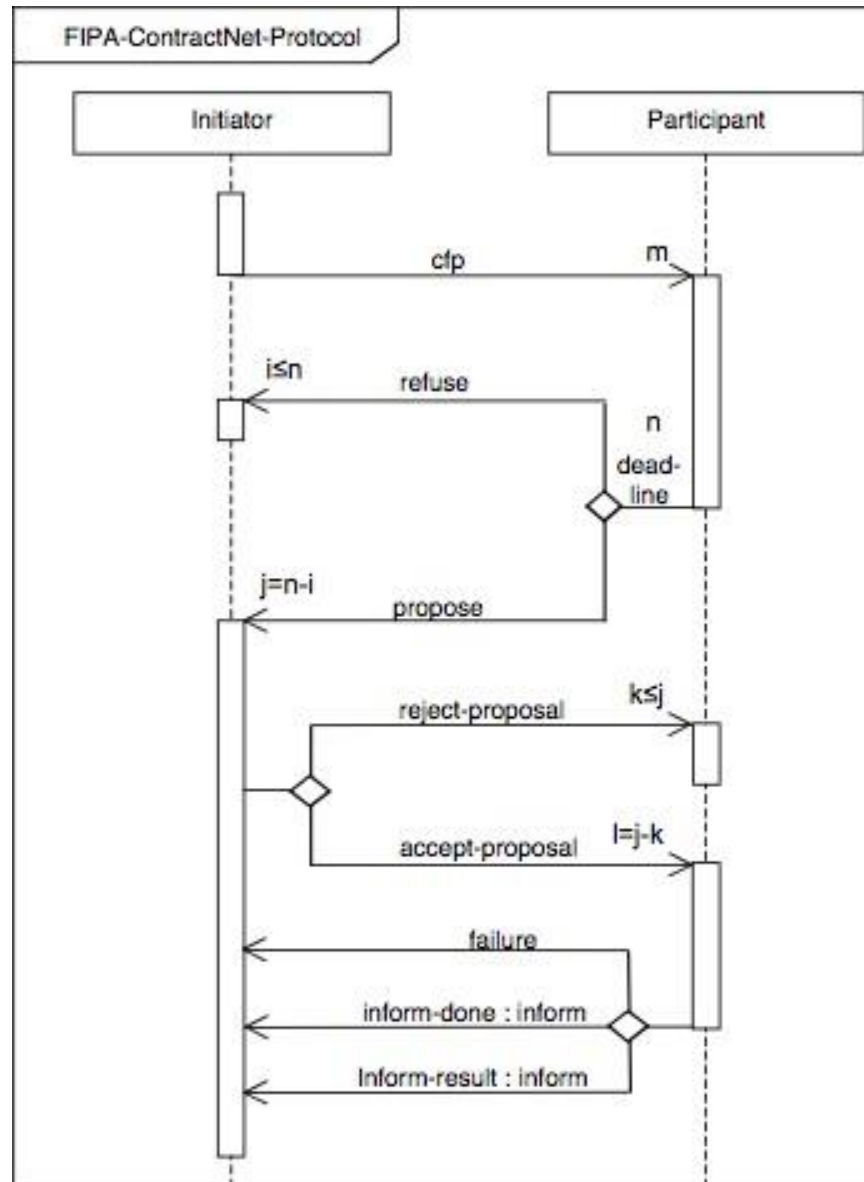
# FIPA Request Interaction Protocol



# FIPA Query Interaction Protocol Specification



# FIPA Contract Net Interaction Protocol



## FIPA Interaction Protocols (IPs) specifications

- **SC00026** FIPA Request Interaction Protocol Specification
- **SC00027** FIPA Query Interaction Protocol Specification
- **SC00028** FIPA Request When Interaction Protocol Specification
- **SC00029** FIPA Contract Net Interaction Protocol Specification
- **SC00030** FIPA Iterated Contract Net Interaction Protocol Specification
- **XC00031** FIPA English Auction Interaction Protocol Specification
- **XC00032** FIPA Dutch Auction Interaction Protocol Specification
- **SC00033** FIPA Brokering Interaction Protocol Specification
- **SC00034** FIPA Recruiting Interaction Protocol Specification
- **SC00035** FIPA Subscribe Interaction Protocol Specification
- **SC00036** FIPA Propose Interaction Protocol Specification