

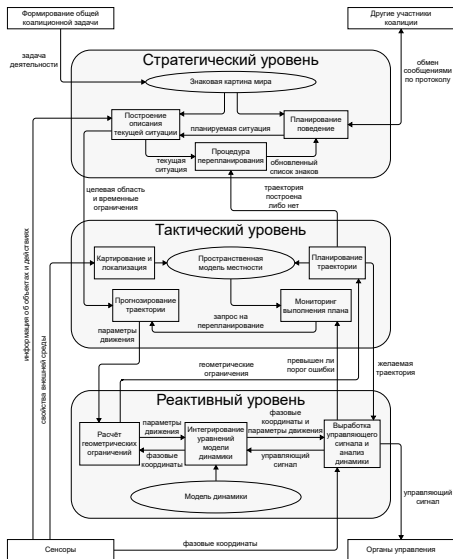
Представление знаний в задачах согласованного перемещения группы БПЛА

Александр Панов
н. с., к.ф.-м.н.

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН

09 октября 2015 г.

Архитектура управления STRL



Особенности постановки задачи

Рассматривается случай группового взаимодействия автономных технических объектов (агентов), в котором:

- агенты решают общую задачу (имеют общую цель высшего уровня),
- агенты действуют независимо друг от друга (децентрализованное управление), в т.ч. могут ставить индивидуальные подцели и достигать их,
- агенты обладают различными характеристиками, как техническими, так и когнитивными, т.е. разными стратегиями поведения,
- агенты обладают различными базами знаний (картинами мира),
- агенты действуют в меняющейся среде.

Требования к представлению знаний

На представление пространственных и временных знаний в задаче согласованного перемещения с такими особенностями применим ряд ограничений:

- необходимость поддержки некоторого протокола коммуникации, разделение знаний на коммуницируемые и некоммуницируемые (личные),
- необходимость выделения компоненты знания, не зависящей от индивидуальных (личных) характеристик агента,
- требование к наличию механизма связывания реальных объектов внешней среды и процедур их распознавания с символьным коммуницируемым представлением (symbol grounding problem),
- поддержка механизмов пополнения картины мира (обучение и абстрагирование).

Семиотический (знаковый) подход

Базовый элемент картины мира — знак — это специальная четырехкомпонентная структура, представляющая в знаниях агента некоторый класс процессов, свойств или объектов внешней или внутренней среды.

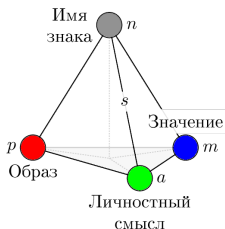
Используемые модели, теории и методы:

- психологическая теория деятельности Леонтьева и модель когнитивных функций по Выготскому,
- модели знака в ситуационном управлении и в прикладной семиотике Пospelова и Осипова,
- представление в виде семантических сетей на синтаксическом (символьном) уровне,
- нейрофизиологические данные о функционировании первичных когнитивных функций (восприятие и категоризация) для описания семантического (обучающегося) уровня.

Знаковая пространственно-временная картина мира

Знак s как элемент картины мира включает в себя четыре компоненты:

- имя n ,
- образ p — процедура распознавания и категоризации объекта, свойства или процесса,
- значение t — согласованные в группе агентов роли данного объекта или свойства в обобщенных действиях,
- личностный смысл a — роль данного объекта или свойства в собственных (личных) действиях агента.

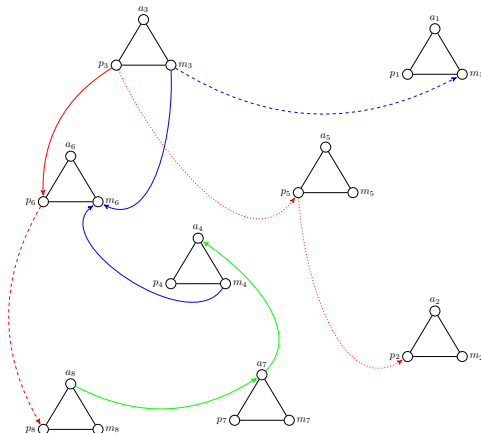


Синтаксический уровень модели

Пространственные и временные отношения определяются на множестве знаков, а точнее на именах знаков. Отношения на множестве имен транслируются с отношений на множествах компонент знаков. Примеры отношений:

- 1 на образах: отношения эквивалентности, включения, сходства, противопоставления,
- 2 на личностных смыслах: поглощения, противопоставления, агглютинации,
- 3 на значениях: отношения эквивалентности, сходства, ситуационное и сценарное отношения.

Модель картины мира



Семиотическая сеть

$H = \langle H_P, H_A, H_M \rangle$, где

- $H_P = \langle 2^P, \mathfrak{R}_P \rangle$ — семантическая сеть на множестве образов знаков,
- $H_A = \langle 2^A, \mathfrak{R}_A \rangle$ — семантическая сеть на множестве значений знаков,
- $H_M = \langle 2^M, \mathfrak{R}_M \rangle$ — семантическая сеть на множестве личностных смыслов знаков.

Семантический уровень модели

Для привязки знаков к представляемым объектам и процессам внешней среды используется иерархия распознающих автоматов.

В начальный момент работы автомата поступает управляющий вектор с верхнего уровня иерархии, затем в каждый момент времени t распознающий автомат:


- 1 векторов действительных чисел от 0 до 1 с нижнего уровня иерархии,
- 2 вычисляет текущий весовой вектор выходных признаков и
- 3 управляющий вектор на нижний уровень иерархии.

Состояние автомата R задается множеством битовых матриц предсказания Z .

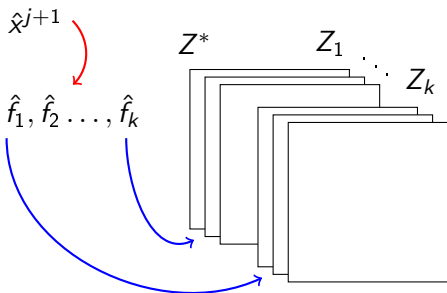
Алгоритм \mathcal{A}_{th} вычисления автоматной функции

$$\hat{f}_1, \hat{f}_2 \dots, \hat{f}_k$$

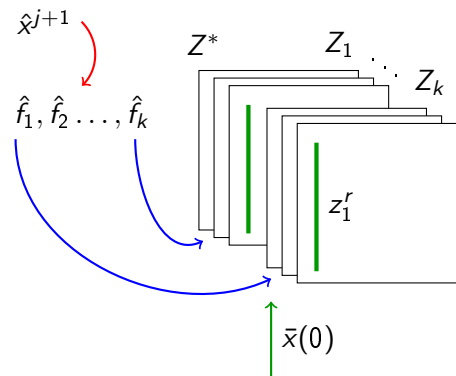
Алгоритм \mathcal{A}_{th} вычисления автоматной функции

$$\hat{x}^{j+1}$$

$$\hat{f}_1, \hat{f}_2, \dots, \hat{f}_k$$

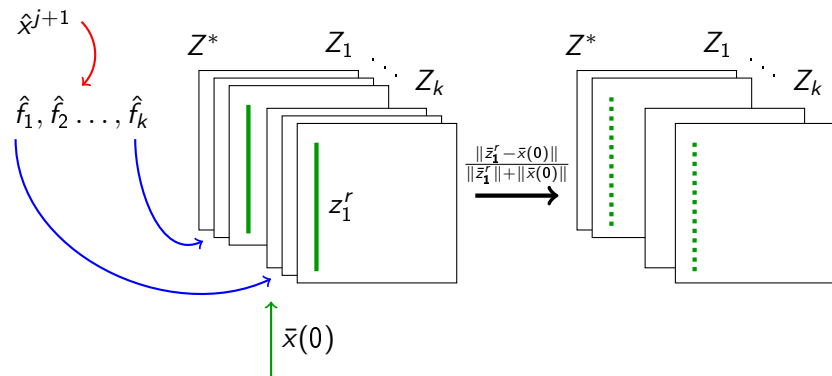
Алгоритм \mathcal{A}_{th} вычисления автоматной функции



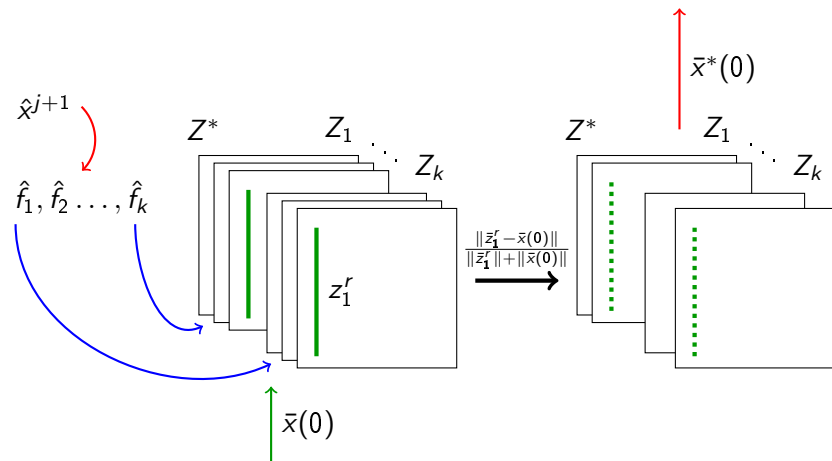
Алгоритм \mathfrak{A}_{th} вычисления автоматной функции



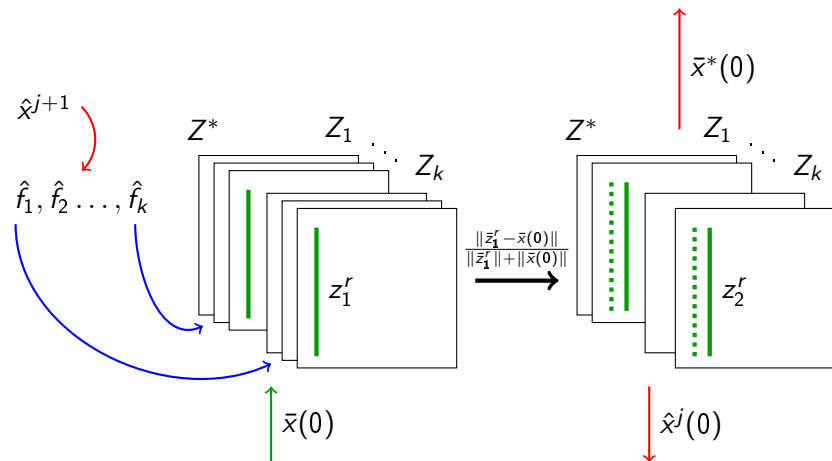
Алгоритм \mathfrak{A}_{th} вычисления автоматной функции



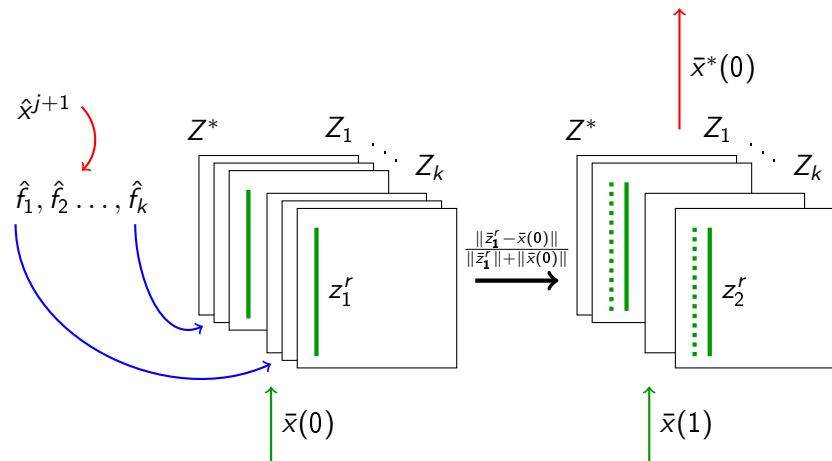
Алгоритм \mathfrak{A}_{th} вычисления автоматной функции



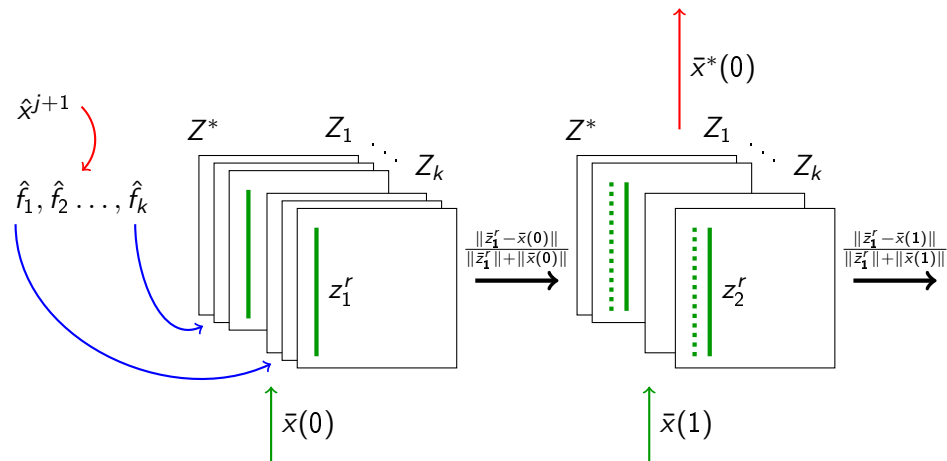
Алгоритм \mathfrak{A}_{th} вычисления автоматной функции



Алгоритм \mathfrak{A}_{th} вычисления автоматной функции



Алгоритм \mathfrak{A}_{th} вычисления автоматной функции



Если между множеством знаков и множеством признаков, распознаваемых всеми автоматами иерархии, установлено взаимно-однозначное соответствие (именование), то:

- образом знака s , соответствующего признаку f , является множество всех признаков, участвующих в распознавании признака f ,
- значением знака s , соответствующего признаку f , является множество всех процедурных признаков, условия которых распознаются с помощью признака f .

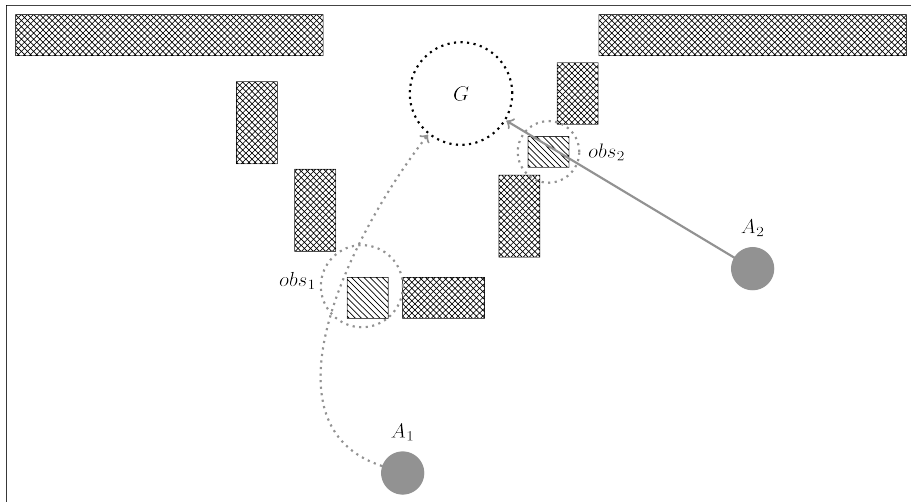
Механизм обучения

К основным принципам работы механизма обучения относятся:

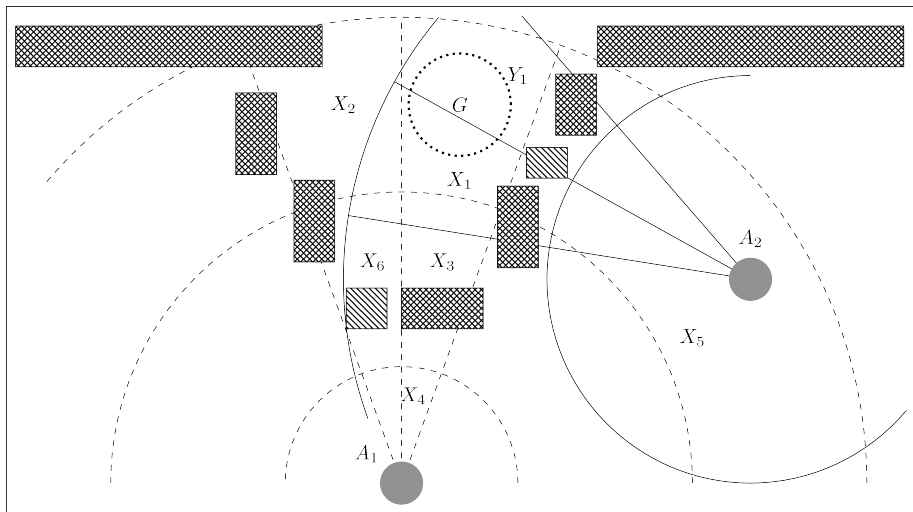
- использование иерархии вычислительных узлов с восходящими и нисходящими связями,
- использование Хэббовских правил обучения,
- разделение пространственного и временного группировщиков,
- подавление второстепенной активации для формирования разреженного представления.

Формируемые в результате работы механизма обучения связи задают матрицу предсказания для некоторого выходного признака в модели распознающих автоматов.

Модельная задача



Модельная задача



Пример представления знаний

Действия по перемещению — знаки s_t (признаки f_t , t — тип перемещения), которым соответствуют матрицы предсказания типа Z_t , состоящие из трёх столбцов

$$z_1 = (l_x, l), z_2 = (l_y, d_u, E), z_3 = (l_y, l, t_v)$$

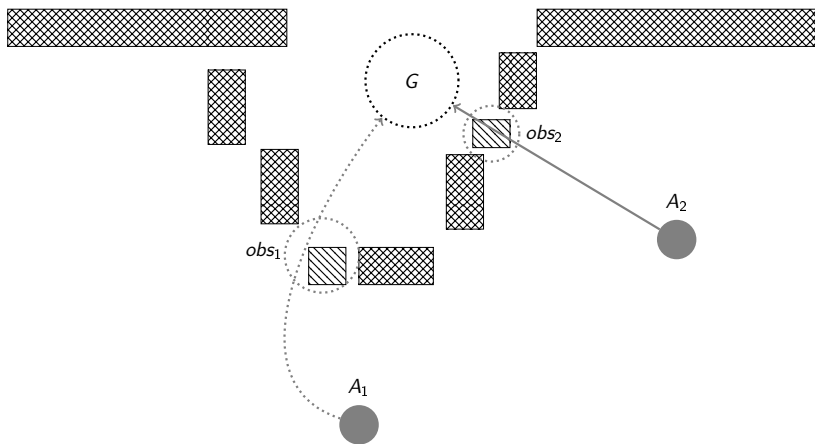
, где

- l_x, l_y — признаки, соответствующие категории расстояния в пространственной логике (например, вплотную, близко, далеко и др.),
- d_u — признак, соответствующий категории направления в пространственной логике (например, впереди, слева и др.),
- t_v — признак, соответствующий категории времени во временной логике (например, скоро, в будущем и др.),
- l — признак присутствия самого агента,
- E — признак отсутствия препятствия.

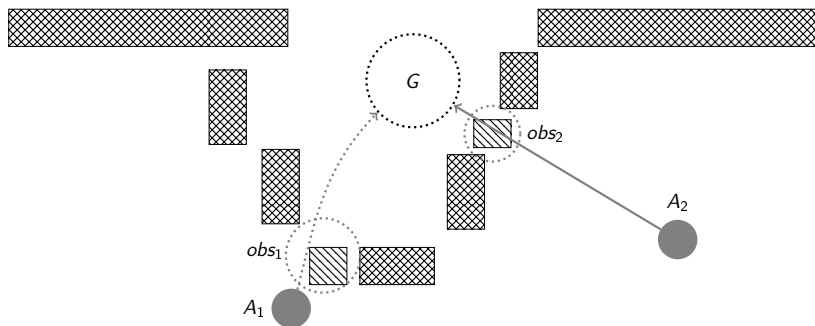
Обмен сообщениями

В процессе составления плана решения задачи, агент может обмениваться сообщениям, в состав которых входят компоненты значения, независящие от внутренних характеристик агента и являющихся обобщенными действиями (семантическая сеть со сценарными и ситуационными отношениями).

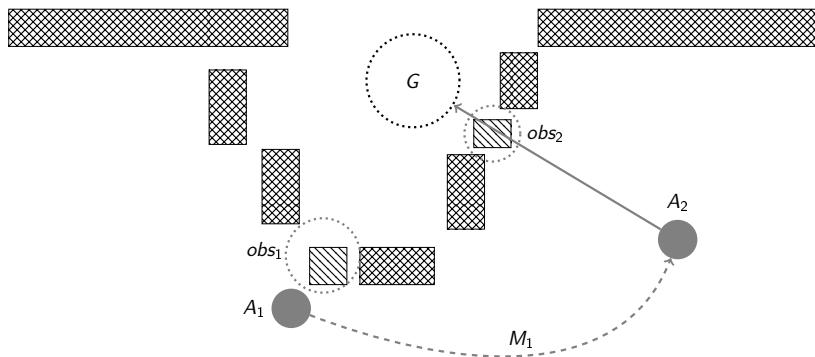
Планирование совместного перемещения



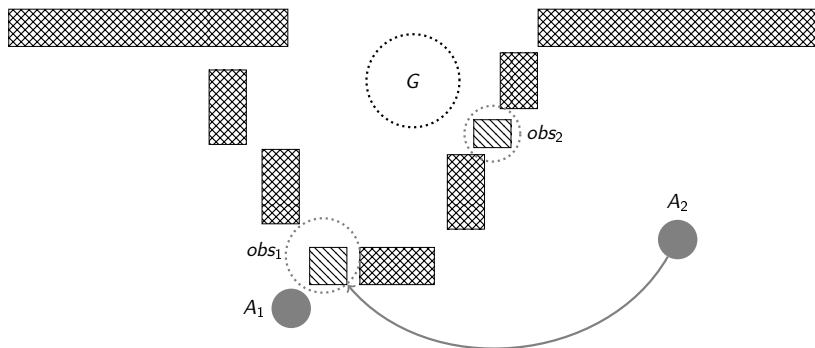
Планирование совместного перемещения



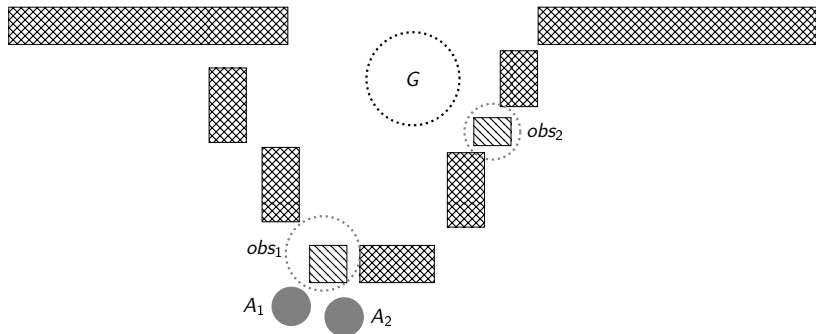
Планирование совместного перемещения



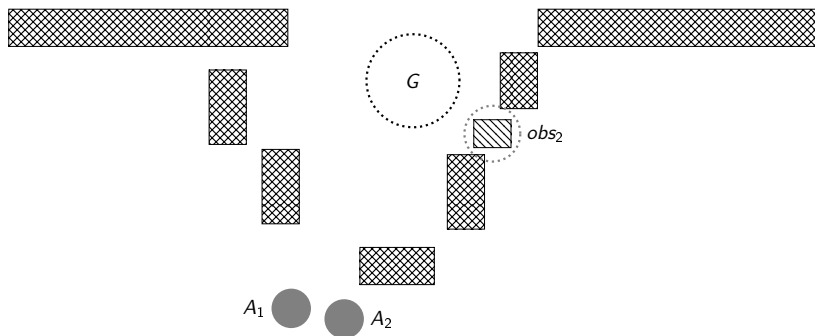
Планирование совместного перемещения



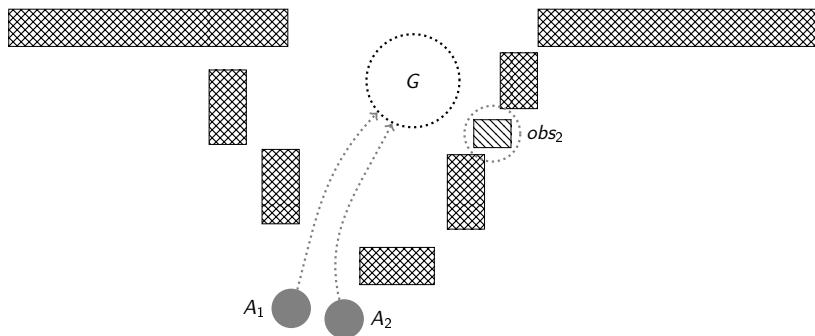
Планирование совместного перемещения



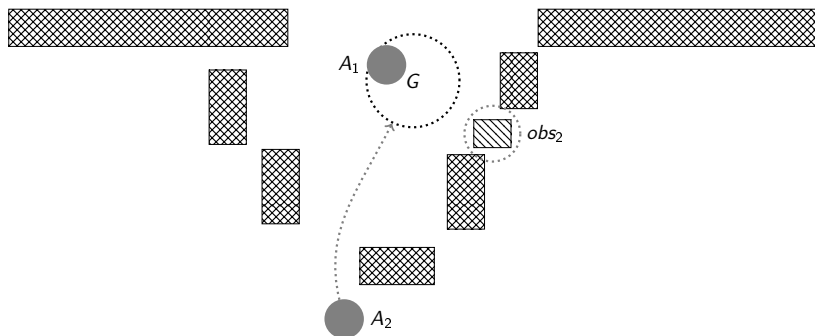
Планирование совместного перемещения



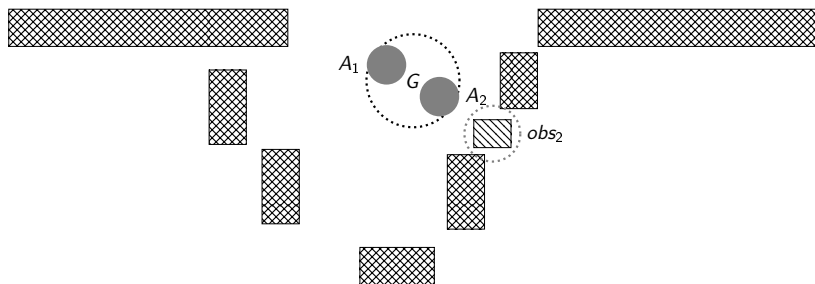
Планирование совместного перемещения



Планирование совместного перемещения



Планирование совместного перемещения



Спасибо за внимание!

ФИЦ ИУ РАН, лаб. «Динамические интеллектуальные системы»,
pan@isa.ru