



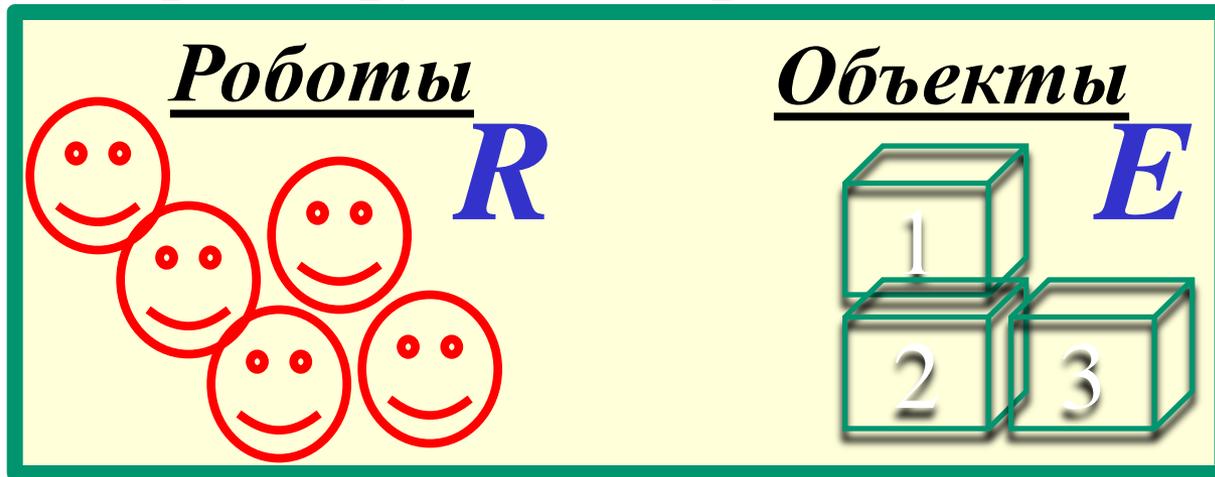
Институт проблем управления РАН

МОДЕЛИ СТАЙНОГО ПОВЕДЕНИЯ РОБОТОВ

Александр Кулинич

Многоагентная система - формальная динамическая система

Среда функционирования



Система
«Роботы-Среда»:

$$S = \langle R, E \rangle$$

Состояние среды: $S(t) = (r_{i1}, \dots, r_{in}; r_{j1}, \dots, r_{jn}; e_1, \dots, e_n)$

Множество роботов - $R_i, i=1, \dots, N; R_i = (r_{i1}, \dots, r_{in});$

Среда функционирования - $E, E = (e_1, \dots, e_n);$

2

Групповое управление или командное поведение агентов

Динамика системы «Роботы-Среда»:

$$W: (S(t), A_i) \rightarrow S(t+1)$$

$A_i = \{a_{ij}\}$ — множество действий робота.

Целевое состояние среды:

$$S_c^f = (r_{i1}, \dots, r_{in}; r_{j1}, \dots, r_{jn}; e_1, \dots, e_n)$$

Групповое управление:

$$W: (S(0), (A_1, \dots, A_n)) \rightarrow S(1) \rightarrow \dots \rightarrow W: (S(n), (A_1, \dots, A_n)) \rightarrow S_c^f$$

Функционал оценки качества управления:

$$Y_c = \Phi(S_c^f, t_f) + \int_{t_c}^{t_f} F(S_c(t), A_c(t), g(t), t) dt$$

Стайное, роевое, и коллективное поведение агентов (роботов) (Принципы поведения)

Стайное поведение – обмен информацией отсутствует, каждый агент достигает собственной цели самостоятельно, анализируя состояние среды.

Роевое поведение – локальное взаимодействие, обмен целями и ресурсами, иерархия подчинения по действиям, локальное управление группой подчиненных.

Коллективное поведение – обмен информацией о целях, ресурсах, действиях. Координация поведения для достижения индивидуальных и общих целей. Построение плана достижения общей цели.

Стайное поведение агентов (постановка задачи)

1. Множество агентов: $R = \{r_i\}$;

2. Свойства (параметры) агентов и объектов: $F = \{f_i\}$;

3. Множество возможных значений свойств:

$$Z = \{Z_i\}, \text{ где } Z_i = \{z_{i1}, \dots, z_{iq}\}, z_{iq+1} z_{iq}, q = 0 \dots n-1.$$

4. Среда функционирования агентов:

$$SF = \times_i Z_i ;$$

5. Состояние среды функционирования:

$$Y(t) = (z_{1j}, \dots, z_{nb}), z_{ij} \in Z_i, \forall i ;$$

6. Уравнение динамики системы «Роботы-Среда»:

$$W: Y(t) \rightarrow Y(t+1)$$

где $W: \times_i Z_i \rightarrow \times_i Z_i$ - система правил, заданных на множестве всех возможных состояний среды

Агенты

Агенты с реактивной архитектурой в системе «Робот-Среда» (SF) характеризуется кортежем:

$$\langle g_q, r_q, W_i, \mu_q(Y_q, g_q) \rangle,$$

1. Вектор целевых значений: $g_q = (z_{1j}^g, \dots, z_{nb}^g)$, $g_q \in SF$;
2. Ресурсы агента: $U_q = \times_i Z_i^r$, $Z_i^r \subseteq Z_i$, $U_q \subseteq SF$;
3. Правила изменения состояния среды: $W_i: \times_i Z_i \rightarrow \times_i Z_i$;
4. Стратегия достижения цели: $r_q = (z_{1j}^r, \dots, z_{nb}^r)$, $r_q \in U_q$;
5. Динамика изменения состояния среды:

$$W_i: (Y(t) + r_q) \rightarrow Y(t+1) ;$$

6. Критерий достижения цели:

$$\rho(Y_q(n), g_q) \approx 0.$$

Классический стайный алгоритм

Отсутствие коммуникации агентов. Выбор действия агентами осуществляют на основе анализа состояния системы «Роботы-Среда».

Условия образования стаи – это равенство или близость целей, т.е.

$$\exists K \subseteq R | \forall R_i \in K, \rho(g_i, g_q) \approx 0.$$

Уравнение динамики классической стаи:

$$W^*: (Y(t) + r^*) \rightarrow Y^*(t+1)$$

$W^* = \bigcup_{Ki} W_i$, - объединение всех правил всех стай;

$r^* = \bigoplus_{Ki} r_i$ - агрегирование стратегий агентов всех стай;

$Y^*(t+1)$ – прогноз изменения состояния среды в результате действия всех стай.

Итерационный стайный алгоритм

(Каляев И.А., Гайдук А.Р., Капустян С.Г.)

Предполагает скоординированный обмен информацией.

1. Упорядочивание всех роботов стаи;
2. Последовательная передача информации о выбранной стратегии;

$$r_1 \rightarrow r_2(r_1) \rightarrow r_3(r_2(r_1)) \rightarrow \dots \rightarrow r_n(\dots)$$

3. Построение общего плана совместного достижения цели из лучших стратегий агентов и его выполнение.

Проблемы:

1. Непредсказуемое поведение противников;
2. Жесткие требования ко времени выполнения задачи;
3. Необходимость перестройки общего плана.

Стайный алгоритм на основе критериев возможности достижения цели и полезности агентов стаи

Возможность самостоятельного достижения цели:

$$\mu_q(Y_q(t), g_q) = \rho((Y_q(t), (\mathbf{r}_q)), g_q).$$

Взаимная полезность:

$$P(i, q) = 1 - \frac{\mu(Y_{i+q}, g_i)}{\mu(Y_i, g_i)}$$

Допущение 1. Динамическая система (среда) линейна.

Допущение 2. Агенты с большими возможностями более полезны для кооперации.

Допущение 3. Информация о возможностях агентов общедоступна.

Допущение 4. Алгоритмы вычисления возможностей и полезности агентов – одинаковы (это исключает необходимость координации).

Допущение 5. Агрегация ресурсов агентов с лучшими возможностями повышает качество достижения общей цели.

Ситуационный план достижения цели

Стайный алгоритм «ленивых» агентов

Основан на стайном алгоритме на основе критериев возможности самостоятельного достижения цели и полезности агентов.

Динамическое формирование команды из лучших агентов

1. Лучший агент пытается достичь цели самостоятельно;
2. Если этот агент изменяет состояние среды в направлении цели, то остальные агенты пассивны;
3. Если нет, то «подключается» следующий агент с лучшими возможностями ;
4. И т.д. до достижения цели.

Стайный алгоритм «ЭГОИСТИЧНЫХ» агентов

Основан на стайном алгоритме на основе критериев возможности самостоятельного достижения цели и полезности «ЛЕНИВЫХ» агентов.

1. Стая многократно (циклически) выполняет некоторую работу;
2. Ресурсы агентов стаи расходуются в каждом цикле;
3. Критерий качества работы всей стаи – количество циклов работы.

«Ленивые» агенты, перехватывающие работу у лучших агентов называются «ЭГОИСТИЧНЫМИ».

Степень эгоистичности агента:
$$D_i(t) = \frac{\sum_t O_{R_i}(t)}{\sum_{t, \forall R_i \subset K_i} O_{R_i}(t)}$$

$O_{R_i}(t)$ - работа выполненная агентом за промежуток времени $[0, t]$

Заключение

Проанализирован классический стайный алгоритм роботов, выявлены его недостатки при формировании общего плана решения задачи в динамических ситуациях. Предложены стайные алгоритмы на основе критериев возможности самостоятельного достижения агентом цели и взаимной полезности агентов. На основе этих же критериев рассмотрены стайные алгоритмы «ленивых» и «эгоистичных» агентов.

Дальнейшие имитационные исследования формальных стайных алгоритмов позволят предложить их для реализации в командах роботов.



Институт проблем управления
РАН

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Александр Кулинич