

Децентрализованное управление строем

Хасан Хафизов

8 июня 2017 г.

1 Постановка задачи

2 Механическая модель агента

Моделью агента является материальная точка с массой m . Закон движения:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = F_x \\ m\ddot{y} = F_y \end{cases}$$

\vec{F} — сила, действующая на агента, может включать в себя:

$$\vec{F} = \vec{u} + \vec{W} + \vec{F}_{\text{тр}}$$

Где \vec{u} — управляющее воздействие, \vec{W} — случайные помехи, $\vec{F}_{\text{тр}}$ — сила трения.

В предлагаемом мной алгоритме управления агентов можно разделить на два класса:

- интеллектуальный (мастер)
- управляемый (миньон)

Закон управления для этих двух типов агентов задаётся по-разному.

2.1 Мастер

Мастером является агент, для которого желаемый закон движения S_d задаётся оператором извне: это может быть записанная в память агента траектория, целевая позиция или скорость.

Фактически, этот агент ничего не знает о существовании других агентов в строю (миньонов). Его задача — выполнение поставленного закона движения, поэтому закон управления:

$$\vec{u} = \vec{u}(S_d)$$

Рассмотрим конкретный закон управления для движения по некоторой траектории $\vec{tr}(t)$:

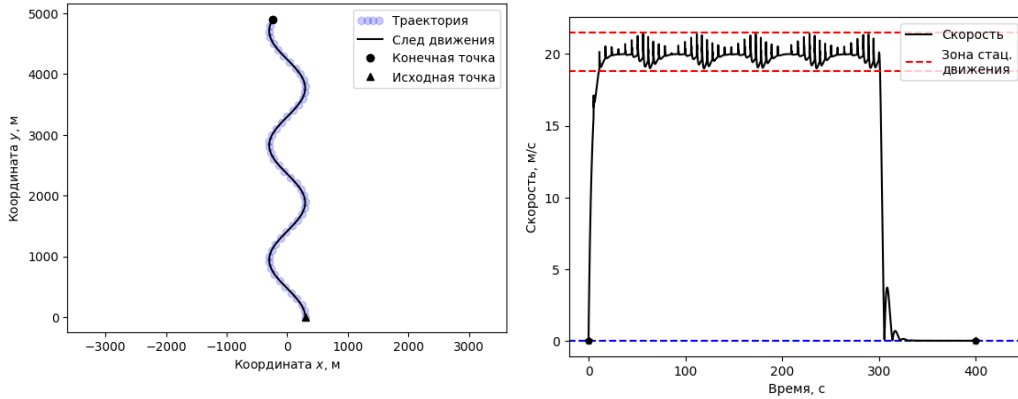
$$\vec{u}_{tr} = \vec{u}_{along} + \vec{u}_{across}$$

Закон управления состоит из двух частей. Первая \vec{u}_{along} отвечает за усилие вдоль траектории, вторая \vec{u}_{across} — поперёк. Направлением для \vec{u}_{along} служит направление вектора между текущим положением агента и следующей точкой траектории.

(Тут будет более подробно о том, как вычисляется следующая точка траектории, о алгоритмах управления на PD регуляторах, которые используются как в \vec{u}_{along} , так и в \vec{u}_{across})

Пример движения мастера по траектории, задаваемой параметрическим уравнением, где s — параметр: $s \in [0, 5000]$.

$$x(s) = 300 \cdot \cos\left(\frac{s}{300}\right); y(s) = s$$



(а) Исходная траектория и след от движения

(b) Скорость движения мастера

Рис. 1: Движение мастера по заданной траектории с заданной скоростью $v_{desired} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Расстояния на рисунках задаются в метрах, время в секундах, скорость в $\frac{\text{м}}{\text{с}}$

2.1.1 Оценка движения мастера по траектории

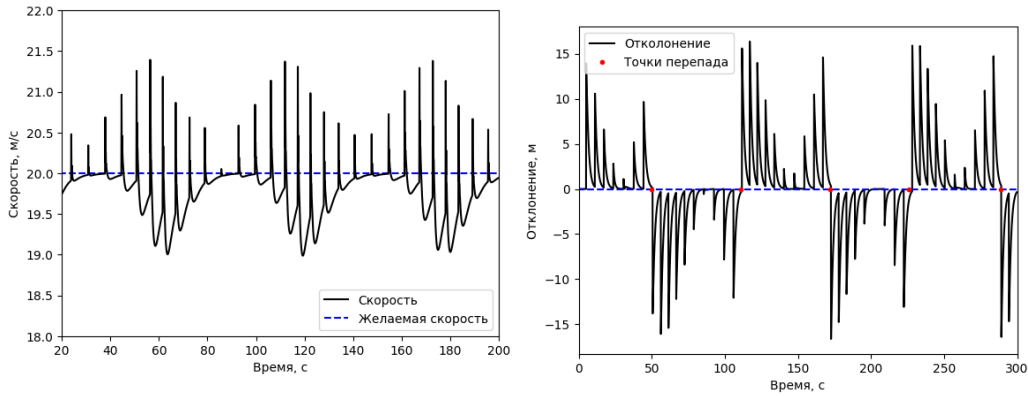
Агент преодолел заданную траекторию за $t = 331\text{с}$.

Проеденное расстояние:

$$S = \int_0^{5000} \sqrt{x'^2(s) + y'^2(s)} ds \approx 6051\text{м}$$

Средняя скорость $v_{av} = 18.3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Стационарным режимом движения можно назвать режим, при котором скорость агента колеблется в пределах между $18.8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ и $21.5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Более подробно скорость мастера в стационарном режиме можно увидеть на рис. 2а



(а) Скорость мастера в стационарном режиме (б) Отклонения мастера от траектории

Рис. 2: Иллюстрация отклонений от желаемого закона движения

Отклонения агента от заданной траектории представлены на рис. 2б. Выше нуля — отклонения от траектории вправо, ниже нуля — влево. Максимальное отклонение составляет примерно 15 м.

Резкие перепады на графике, обозначенные как точки перепада объясняются тем, что в этих точках у траектории изменяется знак первой производной, а агент, всегда остающийся на внутренней части траектории резко оказывается на внешней. Проверим это утверждение. Заданное выше параметрическое уравнение фактически является уравнением

$$x = 300 \cdot \cos\left(\frac{y}{300}\right)$$

Равенство нулю первой производной:

$$\sin\left(\frac{y}{300}\right) = 0 \Rightarrow y = 300\pi n$$

Найдём первые 5 точек траектории, в которой происходит смена знака второй производной:

$$M = \left\{(-300; 942), (300; 1885), (-300; 2827), (300; 3770), (-300; 4712)\right\}$$

Найдём моменты времени, в которые эти точки будут достигнуты агентом:

$$\hat{L}_t = \{61c, 118c, 177c, 234c, 292c\}$$

Реальные же моменты времени, в которые просходит резкое изменение величины отклонения от траектории:

$$L_t = \{50c, 110c, 172c, 226c, 289c\}$$

То есть, изменение стороны относительно линии траектории по которой движется агент изменяется незадолго до того, как будет изменён знак первой производной траектории. Эта закономерность так же наблюдается на рис. 3.

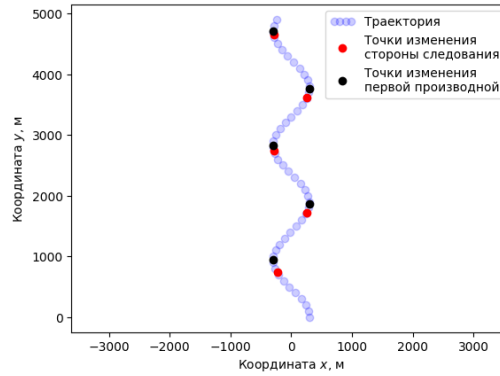


Рис. 3: Траектория с наложенными на неё точками изменения стороны следования и точками изменения знака первой производной.

(Тут будет исследование устойчивости алгоритма к случайным возмущениям)

Выводы: движение мастера по траектории является точным и предсказуемым. Данный алгоритм управления по траектории с задаваемой скоростью является пригодным для применения.

2.2 Миньон

Миньон является ведомым агентом, он не имеет информации о траектории движения. Его задача сводится к следованию к постоянно обновляемой точке траектории, называемой виртуальным лидером.

(Тут будет об алгоритме построения виртуального лидера)

3 Строй

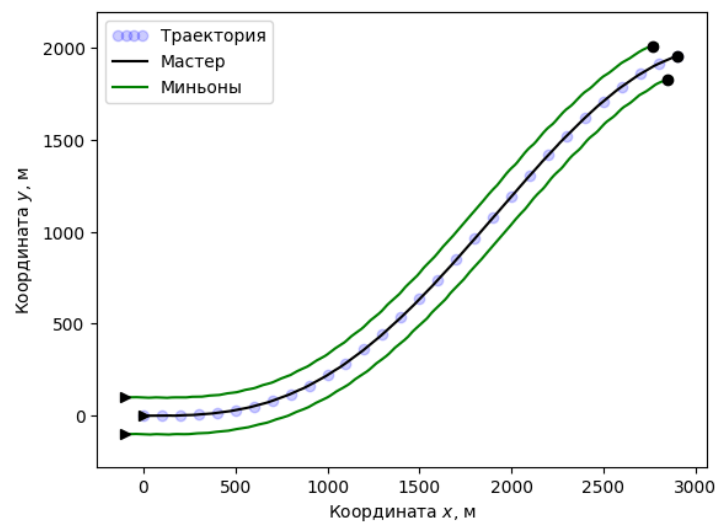


Рис. 4: Движение строем мастера и двух миньонов