

Реализация алгоритма локального
голосования
для мультиагентного управления в условиях
стохастических неопределённостей

Е. А. Храбрых
научный руководитель доктор физ-мат наук,
профессор О. Н. Граничин

Санкт-Петербургский государственный университет,
математико-механический факультет

29 мая 2012

Рассмотрим сетевую систему, состоящую из набора динамических подсистем (агентов) $N = \{1, 2, \dots, n\}$ с входами u_t^i , выходами $y_t^{i,i}$ и состояниями x_t^i , взаимодействующих в соответствии с ориентированным графом (N, E) , где E — множество дуг.

- Множеством соседей узла i называется $N^i = \{j : (j, i) \in E\}$.
- Структура связей динамической сети описывается с помощью последовательности орграфов $\{(N, E_t)\}_{t \geq 0}$, где $E_t \subseteq E$ меняется во времени.

Каждому узлу графа $i \in N$ (агенту) в момент времени $t = 0, 1, 2, \dots, T$ сопоставляется изменяющееся во времени состояние $x_t^i \in \mathbb{R}$, динамика которого описывается разностным уравнением:

$$x_{t+1}^i = x_t^i + f^i(x_t^i, u_t^i), \quad (1)$$

с управлением $u_t^i \in \mathbb{R}$, воздействие которого на изменение состояния x_t^i определяется некоторой функцией $f^i(\cdot, \cdot) : \mathbb{R} \times \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$, зависящей от текущего состояния агента x_t^i и задаваемого управления u_t^i .

Для формирования управления каждый узел $i \in N$ имеет информацию о своем собственном состоянии:

$$y_t^{i,i} = x_t^i + w_t^{i,i}, \quad (2)$$

и, если $N_t^i \neq \emptyset$, наблюдения о состояниях соседей:

$$y_t^{i,j} = x_{t-d_t^{i,j}}^j + w_t^{i,j}, \quad j \in N_t^i, \quad (3)$$

где $w_t^{i,i}, w_t^{i,j}$ — помехи (шум), а $0 \leq d_t^{i,j} \leq \bar{d}$ — целочисленная задержка, \bar{d} — максимально возможная задержка.

Положим $w_t^{i,j} = 0$ и $d_t^{i,j} = 0$ для всех остальных пар (i,j) , для которых они не были определены. Так как система начинает работу при $t = 0$, неявное требование к множеству соседей: $j \in N_t^i \Rightarrow t - d_t^{i,j} \geq 0$.

Задача консенсуса на графах

- Будем называть **протоколом управления** в динамической сети с топологией (N, E_t) обратную связь по наблюдениям состояний

$$u_t^i = K_t^i(y_t^{i,j_1}, \dots, y_t^{i,j_{m_i}}), \quad (4)$$

где множество $\{j_1, \dots, j_{m_i}\} \subset \{i\} \cup \bar{N}_t^i$, $\bar{N}_t^i \subseteq N_t^i$.

- Узлы i и j называются **согласованными** в сети в момент времени t тогда и только тогда, когда $x_t^i = x_t^j$.
- Задача о достижении консенсуса в момент времени t — это согласование всех узлов между собой в момент времени t .

Консенсусное мультиагентное управление, формируемое по так называемому «**протоколу локального голосования**»: задаётся соотношением:

$$u_t^i = \alpha_t \sum_{j \in \bar{N}_t^i} b_t^{i,j} (y_t^{i,j} - y_t^{i,i}), \quad (5)$$

где $\alpha_t > 0$ — размеры шагов протокола управления, $b_t^{i,j} > 0, \forall j \in \bar{N}_t^i$.

Задачи дипломной работы

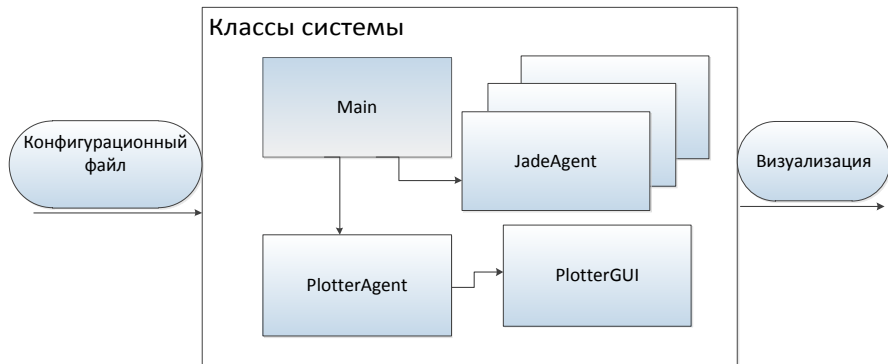
- 1 Получить наглядную имитационную модель процесса локального голосования.
- 2 Рассмотреть работу алгоритма при различных значениях параметров.

Java Agent DEvelopment Framework (JADE) - программная среда разработки мультиагентных систем. Включает в себя:

- Среду выполнения агентов (агенты регистрируются и работают под управлением среды)
- Библиотеку классов для разработки агентных систем
- Набор графических утилит для администрирования и наблюдения за жизнедеятельностью активных агентов

- Агент JADE — обычный экземпляр определяемого пользователем Java-класса, который расширяет класс Agent, реализованный в платформе.
- Для отработки реакции на события агент имеет **поведения**.
- Сервис обмена сообщениями.

Архитектура системы



Меню для изменения параметров алгоритма:

Time = 22		
Введите размер шага:	0.05	Изменить размер шага
Введите дисперсию шумов:	1000.0	Изменить дисперсию шумов
Показать график загрузки узлов	Показать график средней невязки	Добавить произвольную загрузку каждому узлу

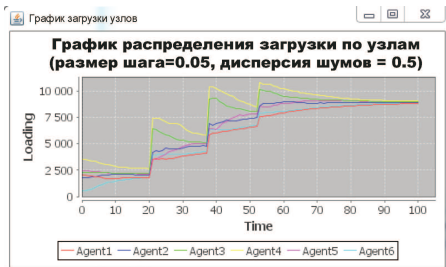
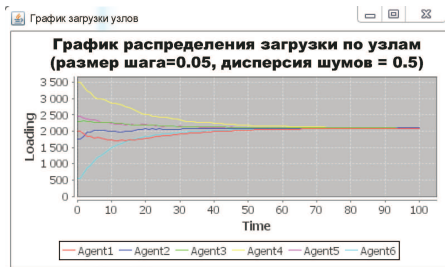
Результаты работы алгоритма можно посмотреть на двух графиках:

- 1 На графике загрузки узлов можно увидеть, сходятся ли загрузка каждого узла к среднему значению.
- 2 График средней невязки качество работы протокола. Для этого введена характеристика $Err = \sum_i \sqrt{\frac{(x_t^i - x^*)^2}{n}}$ — ошибка оценивания. График показывает изменение Err с течением времени.

Стационарные и нестационарный случай загрузки узлов

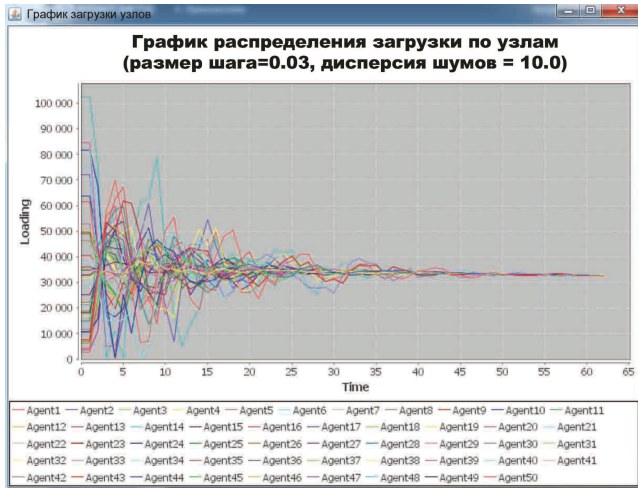
В стационарном случае все задания поступают в систему на разные узлы только в начальный момент времени.

В нестационарном случае новые задания могут добавляться на каждый узел в любой момент времени.

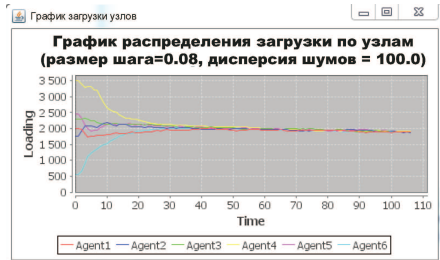
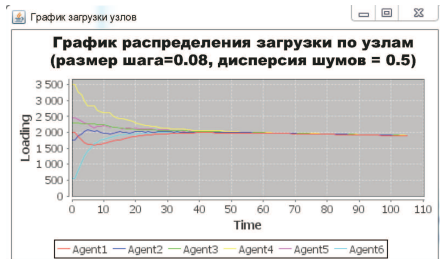


Работа алгоритма на большом количестве узлов

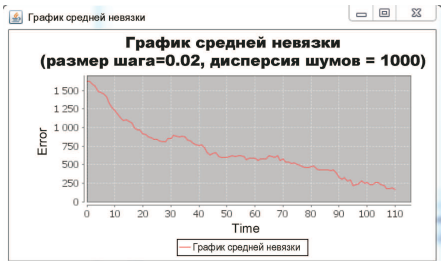
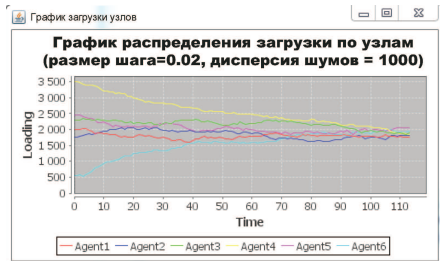
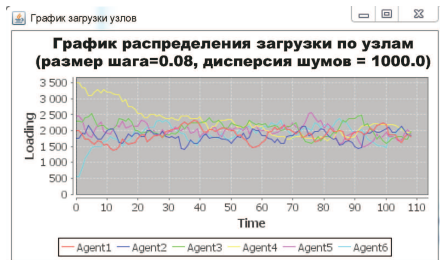
Матрица смежности графа связей между узлами – случайно сгенерированная матрица.



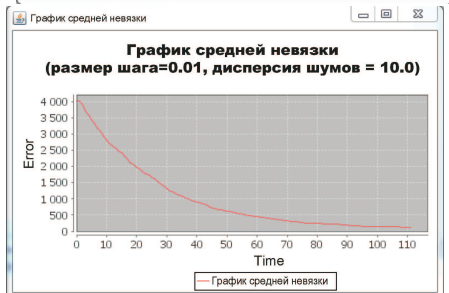
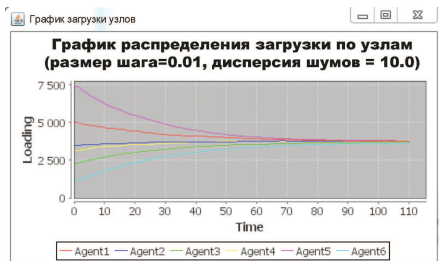
Зависимость от уровня помех 1



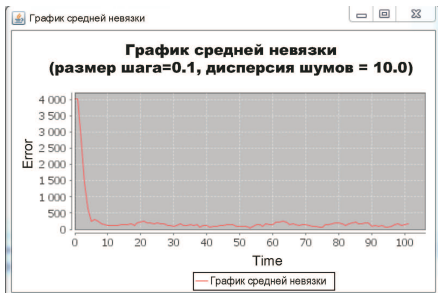
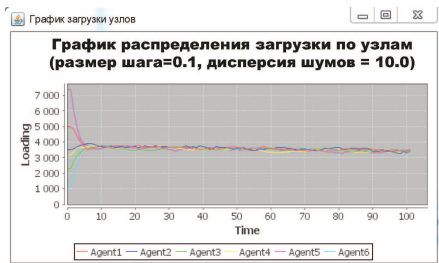
Зависимость от уровня помех 2



Зависимость от размера шага алгоритма 1



Зависимость от размера шага алгоритма 2



- Имитационное моделирование показывает доказанную ранее работоспособность алгоритма локального голосования в задаче достижения консенсуса динамической сети в условиях переменной топологии, помех и задержек в наблюдении.
- С помощью реализованной модели можно найти оптимальные параметры алгоритма для достижения консенсуса в конкретной задаче.

Спасибо за внимание!