

### Математическая модель

Для расчета характеристик системы при движении транспортных средств в определенную сторону можно использовать одноканальную модель системы массового обслуживания с ограниченной скоростью. Допустим:  $T$  – длина полного цикла светофора, а зеленый цвет светофора составляет половину длины цикла:  $\tau = \frac{T}{2}$ . Тогда интенсивность обслуживания можно задать периодической функцией с периодом  $T$ :

$$\mu(t) = \begin{cases} \mu_0, t - \left[ \frac{t}{T} \right] T < \tau, \\ 0, t - \left[ \frac{t}{T} \right] T > \tau, \end{cases}$$

где  $\mu_0$  – интенсивность проезда перекрестка при зеленом сигнале светофора;  $T$  – длина полного цикла;  $t$  – длина зеленого сигнала.

### Заключение

В результате получена математическая модель движения транспортного средства, через регулируемый перекресток.

В результате работы выполнен анализ особенностей организации движения транспортных средств на перекрестках, выявлены показатели эффективности, сформулирована постановка задачи.

При рассмотрении параметров, воздействующих на поведение транспорта на дороге, показаны результирующие ситуации на перекрестках.

### Список литературы

1. Каталевский Д. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении : учеб. пособие. М. : ДЕЛЮ, 2015. 107 с.
2. Вероятностные и имитационные подходы к оптимизации автодорожного движения / А. П. Буслаев, А. В. Новиков, В. М. Приходько, А. Г. Таташев, М. В. Яшина ; под ред. чл.-корр. РАН В. М. Приходько. М. : Мир, 2003.
3. Гасников А. В., Кленов С. Л., Нурминский Е. А., Холодов Я. А., Шамрай Н. Б. Введение в математическое моделирование транспортных потоков. М. : Изд-во МФТИ, 2010.

## МОДЕЛЬ ГРУППОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РОБОТОВ

**Ю. А. Лежнина, К. А. Шумак**

*Астраханский государственный*

*архитектурно-строительный университет*

В данной работе развивается концепция интернета робототехнических систем. Предложен подход централизованного развертывания группы роботов, использующий платформу интернета вещей и алгоритм расчета новой позиции по данным, полученным от соседей. Для обеспечения связности рассчитывается второе из упорядоченного множества собственных чисел матрицы Лапласа графа сети IoRT роботов.

**Ключевые слова:** Интернет роботизированных вещей, группа роботов, матрица Лапласа, локальное управление, глобальное управление.

## THE MODEL OF INTERACTION OF GROUP OF ROBOTS

*Yu. A. Lezhnin, K. A. Shumack*

*Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering*

In this paper, we develop the concept of the Internet of robotic systems. The approach of centralized deployment team of robots, using the platform of the Internet of things and the algorithm for calculating the new position data received from the neighbors. To ensure the coherence calculated from the second ordered set of eigenvalues of the Laplace matrix graph network IoRT robots.

**Keywords:** *Internet of robotic things, a group of robots, the Laplacian matrix, local control, global control.*

Интернет вещей (IoT) – это популярная парадигма, которая предполагает, что во всем мире все виды физических объектов или вещей подключаются к Интернету, будучи в состоянии взаимодействовать друг с другом, и сотрудничают для достижения общих целей [1].

В настоящее время интернет вещей (IoT) начинает занимать важное место в повседневной жизни. Он успешно применяется в приложениях для умных городов [2, 3], умных электрических сетей [4] и т. д. Однако, до сих пор датчики, поддерживающие IoT являются лишь пассивными. В дальнейшем, при оптимизации систем, в которых они присутствуют, необходимо добавление активной роль для датчиков. Роботизированные системы очень хорошо подходят для этой новой потребности, так как роботы могут воспринимать и взаимодействовать с окружающей их средой. Поэтому ABI Research представила новую концепцию под названием интернет робототехнических вещей (IoRT) [5]. IoRT был определен как интеллектуальный набор устройств, которые могут отслеживать события, данные датчиков из различных источников, использовать локальный и распределенный интеллект, чтобы определить наилучший курс действий, а затем действовать, чтобы контролировать или манипулировать объектами в физическом мире [5]. Эта новая концепция, как ожидается, будет представлять эволюцию IoT и робототехники.

Актуальной является задача обеспечения надежной связи внутри группы роботов. Команда роботов может выполнять задачи более эффективно, быстрее и надежнее, чем один робот. Но для выполнения совместных задач, роботы должны общаться друг с другом, часто по беспроводным линиям связи (Wi-Fi, Bluetooth). Поддержание связи между несколькими мобильными роботами группы является важным вопросом. Разработано много подходов для обеспечения связи между мульти-роботами и многоагентными системами. Эти подходы могут быть разделены на две группы: локального и глобального обслуживания. Эти подходы используют представление группы роботов в виде связного графа. С помощью локального обслуживания связности, начальный набор ребер, которые определяют связность графа должен

сохраняться в течение долгого времени. В отличие от локального обслуживания подключения, глобальное техническое обслуживание сетей позволяет реализовывать общую стратегию, до тех пор, пока общая связность графа сохраняется.

Группа роботов (MRS) может быть представлена графом  $G(V, E)$ , где  $V$  есть множество вершин, представляющий каждого IoRT робота и  $E$  представляет собой множество ребер. С точки зрения обеспечения взаимосвязи между роботами, ребро из множества  $E$  существует, если евклидово расстояние между парой роботов не больше дальности связи.

Для автоматизации вычисления связности и принятия решения о дальнейшем движении робота в группе, необходимо разработать структуру матрицы связности, содержащую количественную меру связности. Следующим шагом необходимо разработать стратегию, обеспечивающую требуемое значение этой характеристики.

Предлагаемый подход использует центральный объект с высокой вычислительной способностью для контроля связности всей системы мульти-роботов. Предполагается, что каждый IoRT робот знает свою собственную позицию с помощью GPS или другой системы локализации. Датчики роботов должны позволять роботам обмениваться позициями с соседними роботами. Каждый IoRT робот в системе применяет следующий алгоритм, чтобы контролировать свое движение. Он проводит вычисления только на основе информации о локальной окрестности. Чтобы сохранить желаемое расстояние и, следовательно, желаемое качество подключения со своим соседом, IoRT робот должен отойти от соседнего робота, если евклидово расстояние меньше желаемого расстояния и должны двигаться близко, если больше.

Когда IoRT робот имеет более одного соседа, его новое положение рассчитывается как усредненное по отношению ко всем соседям. Запрос на разрешение занять вычисленную позицию отправляется центральному объекту, который вычисляет второе из упорядоченного множества собственных чисел матрицы Лапласа графа сети IoRT роботов. Центральный объект позволяет каждому IoRT робота двигаться к своим новым позициям, если и только если количественная мера связности находится в допустимых пределах. Это гарантирует, что подключение к глобальной сети всегда сохраняется на всем протяжении процедуры развертывания группы. Важно отметить, что IoRT роботы и центральный объект могут взаимодействовать друг с другом через платформу IoT.

### Список литературы

1. Проектирование элементов информационно-измерительных и управляющих систем для интеллектуальных зданий / Д. П. Ануфриев, В. М. Зарипова, О. М. Шикунская, Т. В. Хоменко, И. Ю. Петрова. Астрахань : ГАОУ АО ВПО «Астраханский инженерно-строительный институт», 2015. 230 с.
2. Aloï G., Bedogni L., Di Felice M., Loscri V., Molinaro A., Natalizio E., Pace P., Ruggei G., Trotta A. and Zema N. R. Stemnet: an evolutionary network architecture for smart and sustainable cities // Transactions on Emerging Telecommunications Technologies, 2012; 5(1). P. 21–40.
3. Petrolo R., Loscri V. and Mitton N. Towards a smart city based on cloud of things // Proceedings of the 2014 ACM international workshop on Wireless and mobile technologies for smart cities, WiMobCity, ACM, 2014. P. 61–66.
4. ABI Research. The Smart Grid and Renewable Energy Consumer Survey: Smart Meters, Solar Panels, and Wind Turbines. URL: <https://www.abiresearch.com/market-research/product/1008091-the-smart-grid-and-renewable-energy-consum/> (accessed July 19, 2016).
5. ABI Research. Internet of robotic things. URL: <https://www.abiresearch.com/market-research/product/1019712-the-internet-of-robotic-things> (accessed July 19, 2016).