

## ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ МНОЖЕСТВА КОМПОНЕНТОВ В СИСТЕМЕ ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ

© 2022 Я. Е. Львович, И. Я. Львович, А. П. Преображенский

*Воронежский государственный технический университет (Воронеж, Россия)  
Воронежский институт высоких технологий (Воронеж, Россия)*

*Рассмотрены проблемы, связанные с моделированием работы системы интернет вещей. Продемонстрирована методика прогнозирования компонентов на основе одного атрибута в рамках эксперимента.*

*Ключевые слова: связь, интернет вещей, оптимизация, моделирование.*

Системы интернет вещей в настоящее время применяются в самых разных организациях. Для поддержки их функционирования необходимо формировать и обеспечивать соответствующее множество ресурсов. Ресурсное обеспечение рассматривается как многоканальная система. Среди основных ресурсов можно указать аппаратное обеспечение, программное обеспечение, кадровое обеспечение. Требуемый уровень обслуживания в системах интернет вещей связан с достаточностью обеспечения ресурсами [1, 2].

Аккумуляция по всем ресурсам происходит за счет многоканальной системы. Среди базовых видов работы, а также эффективного распределения ресурсов может быть создано за счет использования многоканальных подходов [3, 4].

Проведем формализацию на структурном уровне модуля ресурсного обеспечения системы интернет вещей. Это даст возможности для того, чтобы осуществить рационализацию управления в ней. Отношения на непустых множествах [5, 6] для ресурсных и управленческих компонентов позволяют определить предлагаемый модуль

$$S \subset R \times H. \quad (1)$$

В указанном выражении  $S$  рассматривается в виде множества возможных вариантов модуля распределения ресурсов в системе интернет вещей.  $R$  рассматривается в виде множества ресурсных компонентов такой системы.  $H$  – множество управленческих компонентов [7, 8].

Будем считать, что представление базового множества будет следующим:

$$R \subset \times \{r_j : j \in J\}. \quad (2)$$

В указанном выражении  $r_j = \overline{1, R_j}$  рассматривается в виде множество вариантов того, как будет реализован ресурс, который относится к  $j$ -му виду;  $j$  – множество индексов, которые относятся к наименованиям ресурсных компонентов;  $\times$  обозначает знак декартова произведения.

Тогда справедливо соотношение

$$H \subset \times \{h_t \div t \in T\}. \quad (3)$$

В указанном выражении  $h_t = \overline{1, H_t}$  рассматривается в виде множества вариантов управленческого компонента  $t$ -го вида. Индексы, соответствующие наименованиям управленческих компонентов связаны с множеством  $T$ .

При помощи пары векторов мы можем провести формирование элементов множества (1)

$$s_l = (r, h), \quad s_l \in S, \quad l = \overline{1, L}. \quad (4)$$

В указанном выражении  $r = (r_1, \dots, r_j, \dots, r_J)$ ,  $j = \overline{1, J}$ ,  $r_j = \overline{1, R_j}$ ,  $h = (h_1, \dots, h_t, \dots, h_T)$ ,  $t = \overline{1, T}$ ,  $h_t = \overline{1, H_t}$ .

---

Львович Яков Евсеевич – Воронежский государственный технический университет, доктор техн. наук, профессор, e-mail: [office@vvt.ru](mailto:office@vvt.ru).

Львович Игорь Яковлевич – Воронежский институт высоких технологий, аспирант, e-mail: [lommakkov576@mail.ru](mailto:lommakkov576@mail.ru).

Преображенский Андрей Петрович – Воронежский институт высоких технологий, доктор техн. наук, профессор, e-mail: [app@vvt.ru](mailto:app@vvt.ru).

Введем следующее обозначение для совместной пары элементов  $(r, h) = U_g$ ,  $g = \overline{1, G}$ . В таком случае

$$S_l = (U_1, \dots, U_g, \dots, U_G), l = \overline{1, L}. \quad (5)$$

В указанном выражении  $U_g = I, U_g, g = \overline{1, G}$  являются элементами модуля поддержки обеспечения ресурсами,  $L$  – является общим количеством вариантов реализации модуля системы интернет вещей.

На основе вектора показателей  $f_{ug}$  можно дать характеристику элементам  $U_g$  в модуле. Интегральные показатели работы системы интернет вещей  $F_i$ ,  $i = \overline{1, I}$  определяются тем, каким будет уровень показателей  $f_{ug}$ . Существует зависимость.

$$F_i = \Psi(f_{ug}). \quad (6)$$

Например, некоторые виды неисправностей в системе интернет вещей зависят от того, какие будут значений указанного показателя для всех элементов модуля [9, 10]. Некоторые из показателей  $F_i$  заметным образом зависят от ресурсного обеспечения (например, достаточное количество аппаратного или программного обеспечения). Указанные показатели позволяют сформировать подмножество  $I_R \in I$ . Управленческий компонент [11, 12] существенным образом определяется другими показателями (например, периодическим тестированием оборудования специалистами). За счет таких показателей формируется подмножество  $I_H \in I$ .

Существует связь между подмножествами  $I_R$  и  $I_H$ , когда решаются задачи по управлению модулем:

$$I_R \cup I_H = I, I_R \cap I_H \neq \emptyset. \quad (7)$$

Используются функции, за счет которых задаются перечисленные показатели на множествах  $U_g$ :

$$f_{ug} \in \{U_g, f\}, \Psi_i \in \{s, x, F_i: i \in I\}. \quad (8)$$

На основе соответствующей комбинации  $s$  элементов  $U_g$  есть возможности для того, чтобы осуществить вычисление значений функций при помощи зависимости (8). Тогда мы можем записать это таким образом  $F_i(s(U_g), f_{ug})$ .

За счет того, что реализуется статистическая обработка информации относительно

работы системы интернет вещей, происходит формирование зависимостей (8). Случайные величины  $F_{ug}$  описывают показатели элементов модуля. То есть, показатели  $F_i = \Psi_i(F_{ug})$  описываются стохастическим образом. В таком случае важно задавать для них вероятностные меры:

$$P\{\Psi_i \subset (r, V) \times F_i \leq F_i^0: i \in I\}. \quad (9)$$

В указанном выражении  $P\{\}$  – обозначает вероятность,  $F_i^0$  – рассматривается в виде желаемого значения для показателя  $F_i$ .

Ресурсное обеспечение  $r_g^0 \in U_g, g = \overline{1, G}$  в ряде случаев определяется жестким образом в ходе управления системой интернет вещей. Тогда реализуется выбор по  $h_g^0$  таким образом, чтобы

$$P(\Psi_i C(r^0, h) \times F_i \geq F_i^0: i \in I_H) \rightarrow \max. \quad (10)$$

Элементы  $r_g^0, h_g^0$ , когда происходит процесс управления модулем, выбираются с учетом следующего выражения:

$$P(\Psi_i C(r, h) * F_i \geq F_i^0: i \in I_R \cup I_V) \rightarrow \max. \quad (11)$$

Для множества отношений (8) будем рассматривать вероятность выбора относительно показателей  $F_i (i \in I_R)$

$$P(R) = \max P\{\Psi_i \in (r, h) \times F_i \geq F_i^0: i \in I_R\}.$$

Для множества отношений (9) анализируются показатели  $F_i (i \in I_H)$

$$P(H) = \max P\{\Psi_i \in (r, h) \times F_i \geq F_i^0: i \in I_H\};$$

Величину  $p^{mp}$  мы будем рассматривать в виде вероятности выбора с учетом правила (10). Величину  $p^c$  мы будем рассматривать в виде вероятности выбора с учетом правила (11). Если учитывать формирование подмножеств  $I_R, I_H$ , основываясь на соответствующих условиях, тогда мы можем записать

$$p^{mp} = \frac{P(R, H)}{P(R)}; p^c = P(R) + P(H) - P(R, H),$$

В указанном выражении

$$P(R, H) = \max P\{\Psi_i \subset (r, h) \times F_i \geq F_i^0: i \in I_R\};$$

$$\Psi_i \subset (r, h) \times F_i \geq F_i^0: i \in I_H$$

Тогда

$$p^c - p^{mp} = p(R)(1 - p(H/R)) + (p(H) - p(H/R)). \quad (12)$$

Анализ показывает, что в выражении (12) всегда положительным будет первое слагаемое. Проведем рассмотрение второго слагаемого. Если у нас есть показатели  $F_i (i \in I_R \cap I_H)$ , когда есть оптимальные значения  $h_g^0$ , а значения  $r_g$  будут любыми, то в таких случаях значение вероятности будет превосходить то, которое соответствует предварительным образом выбранным значениям  $r_g^0$ . Тогда мы можем убедиться, что  $P(H) > P(H/R)$ . Тогда в целом оценка (12) будет являться положительной. О чем говорит полученный результат? За счет использования современных подходов в управлении можно достичь большей эффективности в работе системы интернет вещей.

При анализе ресурсного обеспечения системы интернет вещей нам необходимо сформировать модуль на базе многоканального подхода. Когда происходит его реализация, то есть возможность для представления в виде группировки нескольких типовых структур. Они будут следующими: сходящаяся, расходящаяся и с учетом реверса.

Если рассматриваются комбинации ресурсных и управленческих компонентам, тогда для сходящейся структуры будем иметь выражение

$$U_{cx} = (r1vx, \dots, rjvx, \dots, r7vx, hcx).$$

Если структура будет расходящейся, то будем иметь выражение

$$U_{pacx} = (r, hpacxr1vx, \dots, rjvx, \dots, r7vx).$$

Если структура будет с реверсом, тогда будем иметь выражение

$$U_{peb} = (r, hpacx, rRвых, rRвх).$$

На основе показателей  $F_i (i=1, I)$  требуется осуществить выбор по наилучшему сочетанию  $U_{cx}$ ,  $U_{pacx}$ , и  $U_{peb}$ . Это соответствует оптимизации рассматриваемой системы интернет вещей.

Таким образом, на основе предложенного подхода существуют возможности для повышения эффективности моделирования и оптимизации системы интернет вещей.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Преображенский Ю. П. Распространение радиоволн для объектов с полостями / Ю. П. Преображенский // Современные инновации в науке и технике. Сборник научных трудов 8-й Всероссийской научно-

технической конференции с международным участием. Ответственный редактор А. А. Горохов. – 2018. – С. 187-190.

2. Болучевская О. А. Свойства методов оценки характеристик рассеяния электромагнитных волн / О. А. Болучевская, О. Н. Горбенко // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2013. – № 3 (3). – С. 4.

3. Коновалова В. С. Разработка выходного усилителя мощности радиолокационной системы / В. С. Коновалова, А. А. Сергеев // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2021. – Т. 9. – № 2 (33). – С. 30-31.

4. Новосадов К. С. Анализ спектрально эффективных схем модуляции, применяемых в высокоскоростных системах радиосвязи / К. С. Новосадов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2021. – Т. 9. – № 1 (32). – С. 20-21.

5. Машков В. Г. Оценка точности реконструкции электрофизических и геометрических параметров поляриметрическим методом многослойных диэлектрических сред / В. Г. Машков, В. А. Малышев // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2021. – Т. 9. – № 2 (33). – С. 16-17.

6. Коновалова В. С. Разработка выходного усилителя мощности радиолокационной системы / В. С. Коновалова, А. А. Сергеев // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2021. – Т. 9. – № 2 (33). – С. 30-31.

7. Преображенский Ю. П. Моделирование распространения радиоволн для условий дифракции / Ю. П. Преображенский // Современные инновации в науке и технике. Сборник научных трудов 8-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Ответственный редактор А. А. Горохов. – 2018. – С. 183-186.

8. Преображенский Ю. П. Применение поглощающих материалов при проектировании электродинамических устройств / Ю. П. Преображенский // В сборнике: Будущее науки – 2018. Сборник научных статей 6-й Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах. Ответственный редактор А. А. Горохов. – 2018. – С. 374-377.

9. Преображенский Ю. П. Возможности построения компьютерных моделей физических процессов / Ю. П. Преображенский //

Современные инновации в науке и технике. сборник научных трудов 9-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. – 2019. – С. 279-282.

10. Преображенский Ю. П. Проблемы компьютерного моделирования физических процессов / Ю. П. Преображенский // Современные инновации в науке и технике. сборник научных трудов 9-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. – 2019. – С. 276-279.

11. Степанчук А. П. Рассеяние радиоволн на структурах с поглощающим слоем / А. П. Степанчук // Молодежь и наука: шаг к

успеху. Сборник научных статей Всероссийской научной конференции перспективных разработок молодых ученых: в 3-х томах. Ответственный редактор Горохов А. А. – 2017. – С. 262-265.

12. Цепковская Т. А. О моделировании рассеяния радиоволн на телах сложных форм / Т. А. Цепковская, А. П. Степанчук // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации. Сборник научных трудов XIII Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор А. А. Горохов. – 2018. – С. 216-218.

## **THE PROBLEMS OF MODELING AND OPTIMIZATION SETS OF COMPONENTS IN THE SYSTEM OF INTERNET OF THINGS**

© 2022 *Ya. E. Lvovich, I. Ya. Lvovich, A. P. Preobrazhensky*

*Voronezh State Technical University (Voronezh, Russia)  
Voronezh Institute of High Technologies (Voronezh, Russia)*

*The problems associated with modeling the work of the Internet of Things system are considered. A technique for predicting components based on one attribute under the experiment is demonstrated.*

*Keywords: communication, Internet of things, optimization, modeling.*