

Язык описания моделей объектов и процессов для системы автоматической генерации программ мониторинга Интернета вещей

Е. Л. Евневич¹, Н. А. Жукова¹, Н. В. Климов,² Д. И. Муромцев²,

М. А. Червонцев³

¹*Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

²*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

³*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

Аннотация: Предлагается язык описания моделей объектов и процессов для систем автоматической генерации программ мониторинга, позволяющий учитывать особенности сетей Интернета Вещей. Язык формируется на основе JavaScript Object Notation. Приводятся типовые описания моделей объектов мониторинга сетей IoT, а также моделей процессов мониторинга, реализуемых в этих сетях. Рассматриваются описания процессов мониторинга в условиях нормальной работы сетей и в случаях возникновения различных ошибок.

Ключевые слова: сложный технический объект, мониторинг, язык описания моделей, генерация программ.

Введение

На сегодняшний день существенная часть технических объектов, используемых в различных предметных областях, объединены в локальные и глобальные сети. Такие сети обладают следующими особенностями:

1. Разнородность типов устройств и используемых информационных протоколов.
2. Разнородность среды, в которой функционируют устройства.
3. Большой объём генерируемой и обрабатываемой информации.

Такие сети, как правило, строятся в соответствии с принципами, определяемыми концепцией Интернета Вещей (IoT) [1-3]. Мониторинг сетей

осуществляется, в основном, с применением классических методов, фреймворков и систем [4-6].

Существующими системами мониторинга сетей IoT обеспечиваются возможности подключения разнообразных источников данных и получения данных от них [7], однако, возможности по обработке и анализу собираемых данных в таких системах остаются достаточно ограниченными.

В настоящее время ведется активная разработка систем генерации программ мониторинга [8]. Полученные положительные результаты дают все основания полагать, что эти системы могут быть эффективно использованы для решения задач мониторинга в области Интернета вещей. Для этого необходимо, используя имеющиеся модели, методы и архитектуры [9], разработать программные решения, позволяющие генерировать программы, ориентированные на мониторинг Интернета Вещей.

Адаптация систем генерации программ мониторинга [10] к особенностям предметных областей возможна за счет разработки и применения специализированных языков, позволяющих описывать наблюдаемые в предметных областях объекты и процессы. В статье предлагается язык описания моделей объектов и процессов для сетей IoT.

Нотация языка описания моделей объектов и процессов мониторинга сетей Интернета Вещей

Для формализованного описания моделей объектов мониторинга сетей IoT предлагается использовать следующие типы понятий:

- Элемент — некоторое формальное представление наблюдаемого объекта IoT или его элемента;
- Состояние — совокупность значений характеристик объекта или элемента на некоторый момент времени;
- Уровень — уровень абстракции описания наблюдаемого объекта или элемента; элементы более высокого уровня могут являться интегральными

представлениями элементов более низких уровней. На нижнем уровне находится элементарные элементы, с которыми система мониторинга осуществляет непосредственную коммуникацию; на верхнем уровне находится элемент, описывающий наблюдаемый объект в целом;

- Характеристика — количественная или качественная величина, ассоциированная с одним из свойств объектов;
- Условие — степень влияния одного или совокупности факторов на состояние наблюдаемого объекта в некоторый момент времени;
- Переход — изменение состояния объекта.
- Функция перехода — правило, регламентирующее возможность перехода элемента из одного состояния в другое.
- Модель объекта — совокупность взаимосвязанных элементов, отражающих исследуемые свойства наблюдаемого объекта.

Предлагаемый язык формируется на основе JavaScript Object Notation (JSON). Выбор JSON обусловлен его гибкостью, а также возможностью хранения описанных с его помощью структур в известных документоориентированных базах данных и возможностью эффективного поиска по ним.

С использованием языка JSON генерируемые процессы мониторинга представляются в виде:

- Состояние — литерал вида a_1, b_2, c и т. д.
- Характеристика — литерал вида A_{10_1}, D_2 и т. д.
- Условие перехода — логическое выражение вида $A_{10_1} < 5, D_2 > T_7, A_2 \&\& !W_2$ и т. д.
- Функция перехода — составной литерал вида F_1, F_2 , и т. д., представимый в виде следующей структуры:

```
{  
    "args": [  
        "a1",
```

```
    "b1"  
  ],  
  "conditions": "A10 <10",  
  "result": "c2"  
}
```

где *args* — совокупность исходных состояний, *result* — целевое состояние после перехода, а *conditions* — условие перехода в данное целевое состояние.

– Элемент — составной литерал вида I1, I3_5 и т. д., представимый в виде следующей структуры:

```
{  
  "functions": [  
    "F1",  
    "F2"  
  ],  
  "id": "1",  
  "level": 1,  
  "parent": "2"  
}
```

где *functions* — возможные функции переходов между состояниями, *id* - глобально-уникальный идентификатор элемента, *level* — номер уровня, на котором находится элемент, *parent* — идентификатор родительского элемента.

– Модель объекта — составной литерал вида M1, M2 и т. д., представимый в виде следующей структуры:

```
[  
    I1 , I2 , I3 , In  
]
```

Предложенные обозначения являются достаточными для описания моделей объектов с любым количеством элементов и числом уровней.

Типовое описание моделей объектов мониторинга сети IoT

На рисунке 1 представлена типовая модель объекта сети IoT, имеющего трехуровневую структуру.

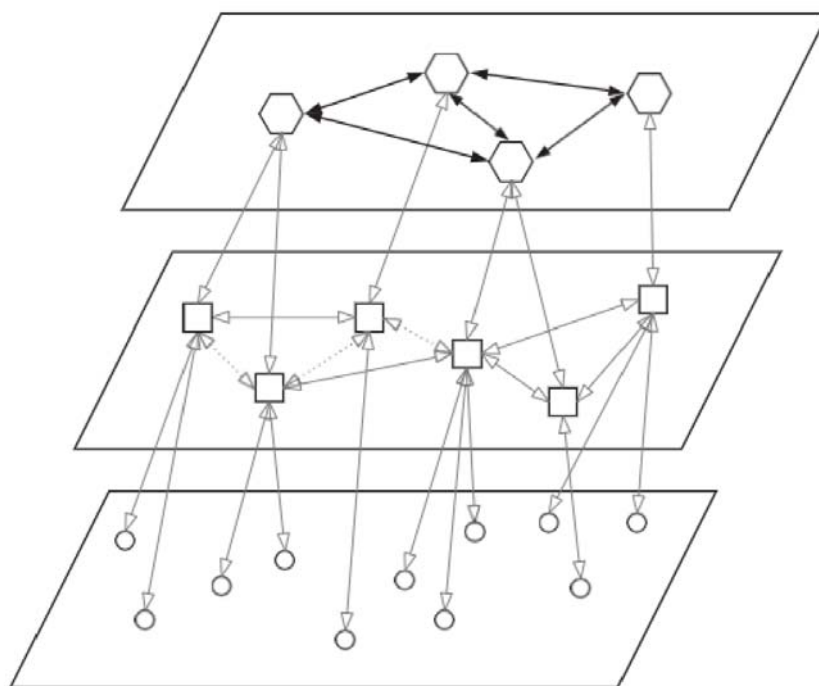


Рис. 1 — Объект сети IoT с трехуровневой структурой

Описание объекта на предложенном языке имеет вид:

```
[  
    {  
        "id": "1",  
        "parent": null,  

```

```
"level": 1,  
"number": 1,  
"functions": [  
  {  
    "args": [  
      "s"  
    ],  
    "result": "B1",  
    "conditions": ""  
  },  
  {  
    "args": [  
      "B1"  
    ],  
    "result": "B2",  
    "conditions": "pB1==0"  
  },  
  {  
    "args": [  
      "B2"  
    ],  
    "result": "w",  
    "conditions": "pB2==0"  
  }  
]  
},  
{
```

```
"id": "1_1",
"parent": "1",
"level": 2,
"number": 1,
"functions": [
  {
    "args": [
      "B1"
    ],
    "result": "B1_1",
    "conditions": ""
  },
  {
    "args": [
      "B1_1"
    ],
    "result": "B1_2",
    "conditions": "pB1_1==0"
  },
  {
    "args": [
      "B1_2"
    ],
    "result": "B1_3",
    "conditions": "pB1_2==0"
  },
  {
```

```
        "args": [  
            "B1_3"  
        ],  
        "result": "B2",  
        "conditions": "pB1_3==0"  
    }  
]  
},  
{  
    "id": "1_1_1",  
    "parent": "1_1",  
    "level": 3,  
    "number": 1,  
    "functions": [  
        {  
            "args": [  
                "B1_1"  
            ],  
            "result": "P1_1_1",  
            "conditions": ""  
        },  
        {  
            "args": [  
                "P1_1_1"  
            ],  
            "result": "P1_1_2",  
            "conditions": "pP1_1_1==0"  
        }  
    ]  
}
```



```
    },  
    {  
        "args": [  
            "P1_1_2"  
        ],  
        "result": "P1_1_3",  
        "conditions": "pP1_1_2==0"  
    },  
    {  
        "args": [  
            "P1_1_3"  
        ],  
        "result": "P1_1_4",  
        "conditions": "P1_1_3==0"  
    }  
]  
}
```

Данное описание содержит информацию о возможных переходах объекта и его элементов между различными состояниями.

Типовые описания моделей процессов мониторинга сети IoT

Мониторинг сетей IoT предусматривает построение их моделей по исходным данным на некоторые моменты времени и оценку состояния сети по построенным моделям. Оценка состояния сети основана на сравнении построенной модели и одной из эталонных моделей, описывающих состояние сети при нормальной ее работе, а также в случаях возникновения

различных ошибок. При этом осуществляется доказательство существования переходов, связывающих сравниваемые модели.

В случае наличия информации об элементах на всех уровнях модели достаточно рассмотреть состояния элементов, расположенных на верхних уровнях; при этом обращения к элементам более низких уровней не происходит. Рассмотренный процесс мониторинга является типовым. Процесс мониторинга, реализуемый в условиях нормальной работы типовой трехуровневой сети, представлен на рисунке 2.

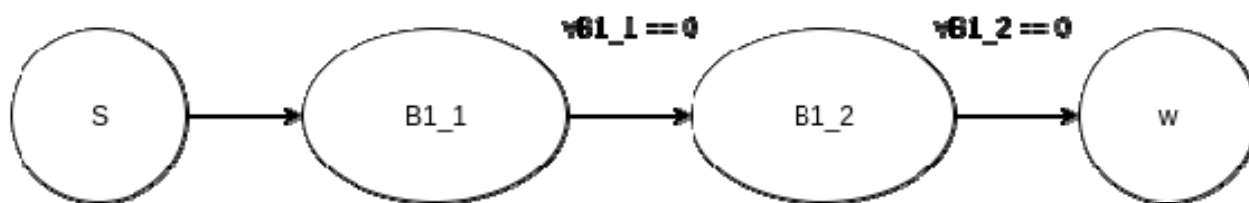


Рис. 2 — Процесс мониторинга при нормальной работе сети IoT.

Схема доказательства, определяющая процесс мониторинга, имеет вид:

```
[  
  {  
    "args": [  
      "s"  
    ],  
    "result": "B1_1"  
  },  
  {  
    "args": [],  
    "result": "B1_2"  
  },  
  {  
    "args": [  
      "B1_2", "B1_2"  
    ],  
    "result": "w"  
  }  
]
```

]

Возможны случаи, когда модель, построенная на некоторый момент времени, является неполной [10], например, возникли ошибки в работе группы устройств. Предположим, что ошибки возникли при работе В1_2. При этом описание модели на предложенном языке моделирования будет следующим:

```
[
  {
    "id": "1_1",
    "level": 2,
    "number": 1,
    "elements": [
      {
        "id": "B1_1"
      }
    ]
  },
  {
    "id": "1_1_1",
    "level": 3,
    "number": 1,
    "elements": [
      {
        "id": "P2_1"
      },
      {
        "id": "P2_2"
      },
      {
        "id": "P2_3"
      }
    ]
  }
]
```

Процесс мониторинга сети будет иметь вид, представленный на рис. 3.

Схема доказательства в соответствии с которой строится процесс мониторинга, приведена ниже:

```
[
  {
    "args": [
      "s"
    ],
    "result": "B1_1"
  },
  {
    "args": [],
    "conditions": "vP2_1 == 0",
    "result": "P2_1"
  },
  {
    "args": [],
    "conditions": "vP2_2 == 0",
    "result": "P2_2"
  },
  {
    "args": [],
    "conditions": "vP2_3 == 0",
    "result": "P2_3"
  },
  {
    "args": [
      "P2_1", "P2_2", "P2_3"
    ],
    "result": "B1_2"
  },
  {
    "args": [
      "B1_2", "B1_2"
    ],

```

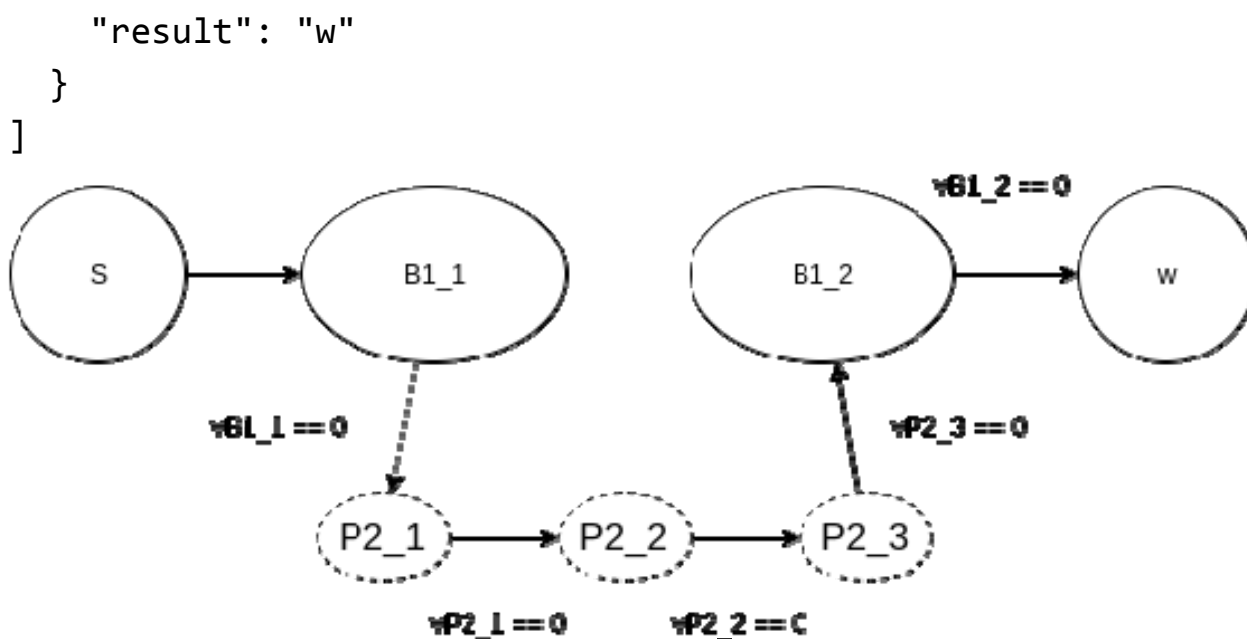


Рис. 3 — Процесс мониторинга при ошибке в работе группы устройств

В рассмотренном случае для анализа состояния сети и конкретной группы устройств потребовались данные о состоянии элементов, расположенных на более низких уровнях, в частности, элементов третьего уровня.

Заключение

В статье предложена нотация языка описания моделей объектов и процессов мониторинга сетей Интернета Вещей на основе JavaScript Object Notation. Определены основные типы понятий, используемые в языке для их описания. Такими понятиями являются: элемент, состояние, функция перехода, условие, характеристика, уровень.

Приведено описание модели объекта сети IoT, имеющего трехуровневую структуру, на предлагаемом языке. Рассмотрены типовые описания процессов мониторинга сетей для различных условий: в случае нормальной работы сети, а также при наличии различных ошибок.

В целом, предложенный язык обеспечил возможность применения систем генерации программ мониторинга при наблюдении за объектами сетей Интернета вещей.

Литература

1. Suma, N., Samson, S.R., Saranya, S., Shanmugapriya, G. and Subhashri, R., 2017. IOT based smart agriculture monitoring system. *International Journal on Recent and Innovation Trends in computing and communication*, 5(2), pp.177-181.
2. Петров К.С., Лебедь К.Г., Тарасенко Д.М., Скориченко В.А. Использование интеллектуальных технологий в современном доме // *Инженерный вестник Дона*, 2019, №7. URL: ivdon.ru/magazine/archive/N7y2019/6087.
3. Соколова Э.С., Багиров М.Б, Женарстанов А.М., Бородина Т.Л., Дмитриев Д.В. Система управления сетью “Интернета Вещей” для удалённой идентификации радиометок // *Инженерный вестник Дона*, 2019, №6. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n6y2019/6014.
4. Bello, J.P., Silva, C., Nov, O., DuBois, R.L., Arora, A., Salamon, J., Mydlarz, C. and Doraiswamy, H., 2018. SONYC: A system for the monitoring, analysis and mitigation of urban noise pollution. *arXiv preprint arXiv:1805.00889*.
5. Gaikwad, N. Review on Environment Monitoring System and Energy Efficiency // *International Journal of Engineering Research and Applications*. — Т. 5. — pp. 90—92.
6. Ge, Z., Song, Z., Gao, F. Review of recent research on data-based process monitoring // *Industrial & Engineering Chemistry Research*. — 2013. — Т. 52, No 10. — pp. 3543—3562.
7. Raju, K. R. S. R., Varma, G. H. K. Knowledge based real time monitoring system for aquaculture using IoT // *IEEE 7th International Advance Computing Conference (IACC)*. — 2017. — Jan. — pp. 318—321.
8. Vodyaho A.I., Postnikov E., Osipov V., Zhukova N., Chervontsev M., Klimov N. Computational and technological models of cognitive monitoring systems // *Advances in Science, Technology and Engineering Systems - 2019*, Vol. 4, № 2, pp. 197-202.

9. Zhukova, N., Andrianova N., Klimov N. Program System for Object Models Deductive Synthesis. Proceedings of the 24th Conference of Open Innovations Association FRUCT. — FRUCT Oy. 2019. — pp. 116.
10. Водяхо А. И., Евневич Е. Л., Жукова Н. А., Климов Н. В., Червонцев М.А. Системы автоматической генерации программ мониторинга // Инженерный вестник Дона, 2019, №7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N9y2019/6172

References

1. Suma, N., Samson, S.R., Saranya, S., Shanmugapriya, G. and Subhashri, R., 2017. International Journal on Recent and Innovation Trends in computing and communication, 5(2), pp.177-181.
2. Petrov K.S., Lebed` K.G., Tarasenko D.M., Skorichenko V.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N7y2019/6087.
3. Sokolova E`S., Bagirov M.B, Zhenarstanov A.M., Borodina T.L., Dmitriev D.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2019/6014.
4. Bello, J.P., Silva, C., Nov, O., DuBois, R.L., Arora, A., Salamon, J., Mydlarz, C. and Doraiswamy, H., 2018. SONYC: A system for the monitoring, analysis and mitigation of urban noise pollution. arXiv preprint arXiv:1805.00889.
5. Gaikwad, N. International Journal of Engineering Research and Applications, T. 5, pp. 90—92.
6. Ge, Z., Song, Z., Gao, F. Industrial & Engineering Chemistry Research, 2013, T. 52, No 10, pp. 3543—3562.
7. Raju, K. R. S. R., Varma, G. H. K. Knowledge based real time monitoring system for aquaculture using IoT, IEEE 7th International Advance Computing Conference (IACC), 2017, Jan., pp. 318—321.

8. Vodyaho A.I., Postnikov E., Osipov V., Zhukova N., Chervontsev M., Klimov N. Advances in Science, Technology and Engineering Systems. 2019, Vol. 4, № 2, pp. 197-202.
9. Zhukova, N., Andrianova N., Klimov N. Program System for Object Models Deductive Synthesis. Proceedings of the 24th Conference of Open Innovations Association FRUCT, FRUCT Oy. 2019, pp. 116.
10. Vodyaxo A. I., Evnevich E. L., Zhukova N. A., Klimov N. V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N9y2019/6172