

Моделирование автоматизированных систем мониторинга

Л.В. Щеголева, Р.В. Воронов, Е.А. Питухин

Петрозаводский государственный университет

Аннотация: В статье представлена теоретико-множественная модель, обобщающая понятие системы мониторинга. Модель представляет собой кортеж, включающий объект мониторинга, инфраструктуру системы мониторинга, исходные данные и результаты мониторинга и множество отношений между компонентами модели. Она может быть использована для создания новых или модификации уже действующих систем мониторинга.

Ключевые слова: система мониторинга, объект мониторинга, теоретико-множественная модель, кортеж, обработка данных, инфраструктура, датчик, программное обеспечение.

Введение

Мониторинг различных процессов и явлений является неотъемлемой частью систем управления [1, 2]. Для принятия взвешенного, оптимального оперативного решения необходима актуальная информация о состоянии самого объекта или окружающей его среды. Такая информация собирается, обрабатывается и предоставляется заинтересованному лицу в заданном формате. В некоторых случаях требуется непрерывный мониторинг объектов и автоматическое принятие решений. В других случаях мониторинг запускается периодически. Современный уровень развития информационно-коммуникационных технологий позволяет вести мониторинг в автоматическом режиме, отслеживать критические события, управлять объектами и предоставлять аналитические материалы.

Системы мониторинга работают в разных предметных областях, различаются методами обработки информации, используемыми технологиями сбора и передачи данных, могут являться частью других более сложных систем управления. Но в тоже время обладают общими свойствами, отличающими их от других информационных систем. В связи с этим представляет интерес построение общей модели, описывающей в целом

систему мониторинга с возможностью дальнейшей детализации для конкретных объектов и условий процесса мониторинга.

Описание модели системы мониторинга

Для моделирования систем мониторинга был использован теоретико-множественный подход, описывающий компоненты системы и их отношения.

На самом верхнем уровне модель системы мониторинга можно описать кортежем:

$$M = \langle O, I, D, F \rangle,$$

где O – объект мониторинга, включая окружающую его среду (предметная область мониторинга) и пользователей результатов мониторинга;

I – инфраструктура системы мониторинга (программно-аппаратная и организационная компоненты системы);

D – исходные данные и результаты мониторинга (информационная компонента мониторинга);

F – отношения между компонентами модели.

Проведем дальнейшую декомпозицию компонентов модели. Объект мониторинга можно описать кортежем:

$$O = \langle OD, ON, OZ, OM \rangle,$$

где OD – наименование и описание объекта мониторинга. В качестве объекта мониторинга может выступать, например, человек, когда контролируются показатели его здоровья, физического состояния (частота сердечных сокращений (пульс), частота дыхания, напряжение кислорода в крови, количество шагов, положение, электрокардиограмма и др.) [3, 4], психологического состояния, экипировка (наличие защитной маски, наличие каски) [5], а также животные (дикие или домашние). Объектом мониторинга может быть некоторая среда, например, водоем, район города [6], ограниченная природная зона [7], сельскохозяйственные угодья [8];

локализованные технические конструкции [9, 10], объекты инфраструктуры города – дорога [11], протяженные конструкции – трубопроводы [12] и другие технические объекты. Объектом мониторинга может быть некоторая социально-экономическая система, например, система качества образования [13], а также другие системы, например, система научно-технической информации [14].

ON – наименование и описание субъекта мониторинга (наблюдателя) – пользователя системы. В качестве пользователей чаще всего выступают ответственные специалисты конкретной организации, предприятия, а также ученые, изучающие какие-либо явления или процессы.

Мониторинг всегда осуществляется с определенной целью, поэтому в модель, описывающую объект, включен компонент OZ – цель и задачи мониторинга, определяющие назначение системы и ее целевое использование. Чаще всего в качестве целей мониторинга выступают обеспечение работоспособности надежности систем [10, 12], поддержка безопасности эксплуатации [9, 11], оценка рисков аварийных ситуаций [6], эффективности процессов [13, 14].

В процессе мониторинга ведется сбор и обработка данных, описывающих объект мониторинга. При этом характеристики объекта могут иметь сложную структуру, и для расчета их значений могут быть использованы специальные методы [7]. В связи с этим еще одним компонентом модели O является OM – модель объекта мониторинга.

Рассмотрим более подробно инфраструктуру системы мониторинга (I):

$$I = \langle ID, IS, IR, IT, IP \rangle.$$

В первую очередь инфраструктура системы мониторинга должна включать источники информации: $ID = \langle \{IDD, IDL\} \rangle$. Источники информации представляют собой пару: описание – IDD и место локализации (размещения) – IDL. Чаще всего в качестве источников информации

выступают различного рода датчики. В этом случае такой источник информации можно описать как $IDD = \langle IDDM, IDDC, IDDE, IDDT, IDDU, IDDO, IDDS \rangle$, где IDDM – тип, модель датчика (например, видеокамера, датчик давления, датчик температуры, IDDC – настройки датчика, IDDE – способ поддержки работоспособности датчика (чаще всего система электропитания, включая способы доставки питания или способы дозарядки аккумуляторов); IDDT – способ передачи данных от датчика в другую подсистему, ответственную за обработку данных, если система мониторинга имеет распределенный характер; IDDU – способы технической поддержки, включая установку, настройку, диагностику, профилактические и другие работы; IDDO – способ предобработки данных (датчики могут иметь встроенные алгоритмы обработки считываемых сырых данных); IDDS – способ хранения данных в случае, если данные не сразу передаются в другие подсистемы.

Кроме датчиков источниками информации могут быть информационные ресурсы – базы данных, текстовые источники, интернет; данные могут создаваться другими программными системами.

Собираемые данные обычно накапливаются в некоторой системе хранения (IS), представляющей собой с точки зрения программного обеспечения базы данных или хранилища данных, с точки зрения аппаратной части – серверы.

В систему хранения данные попадают от источников информации с помощью системы передачи данных (IT). В качестве системы передачи данных может выступать компьютерная сеть, радиосеть, а может быть считывание данных на какой-либо физический носитель, физическая транспортировка носителя и запись с носителя в систему хранения, а также другие варианты передачи данных.

Данные, поступающие из источников информации, подвергаются обработке, включающей очистку, агрегацию, преобразование, сжатие, шифрование и другие операции. Эти операции выполняются в соответствии с известными или специально разработанными методами и алгоритмами с помощью готовых программных инструментов, языков программирования на базе специализированного оборудования. Все это определяет компоненту IP – систему обработки данных. Результаты этой обработки поступают в систему хранения IS. Работоспособность инфраструктуры обеспечивается компонентой IR, включающей различные ресурсы: энергетические, людские и другие.

Все, что попадает в систему хранения, определяет информационную компоненту D системы мониторинга: $D = \langle DD, DO \rangle$, которая включает данные, поступающие из источников информации (исходные данные) – DD и данные, формируемые на основе этих данных (расчетные данные) – DO, например, вероятность выхода детали из строя, оценка времени эксплуатации детали до выхода ее из строя [10], оценка рисков опасных природных и техногенных процессов [6], принятие решения о ремонте сооружения [9], для принятия решения о госпитализации [3] и другие.

Важным элементом системы мониторинга является способ представления результатов мониторинга (исходных и расчетных данных) пользователю. Каждый элемент данных может быть представлен одним или несколькими способами, например, в виде числа, в виде предложения на естественном языке, в табличном виде, в виде диаграммы, в виде цветового индикатора и другие варианты. Поэтому компонента $DO = \langle DOD, DOI, DOM, DOV \rangle$, где DOD – сами данные с их интерпретацией, DOM – метод, с помощью которого они получены из исходных данных DOI, DOV – способы визуализации для представления пользователю.

Расчетные данные, получаются из исходных данных с использованием конкретных методов обработки. Это должно быть описано зависимостью $DOD = DOM(DOI)$, которая находится в компоненте F. При этом элементам DOI должны быть сопоставлены конкретные элементы DD, а они, в свою очередь, должны быть связаны с источниками информации ID. Эти связи должны быть описаны множеством F.

Заключение

Таким образом, представленная модель обобщает различные системы мониторинга. Конфигурация конкретной системы мониторинга определяется наличием и конкретными значениями описанных в модели компонентов. Модель может быть использована для создания новых или модификации уже действующих систем мониторинга, как отправная точка для понимания назначения и формирования архитектуры системы.

Литература

1. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учебник. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 343 с.
2. Малышев Ю.А., Кутергина Г.В., Аввакумов В.Ю. Формирование системы мониторинга // Аудит и финансовый анализ. 2010. № 6. С. 238-250.
3. Петраевский В. А., Кузьменко Е.А., Марков А.К. Удаленный мониторинг состояния пациента скорой помощи // Инженерный вестник Дона. 2020. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6368
4. Serhani M.A., El Kassabi H.T., Ismail H. Navaz A.N. ECG Monitoring Systems: Review, Architecture, Processes, and Key Challenges. Sensors. 2020. № 20. 1796. URL: mdpi.com/1424-8220/20/6/1796
5. Altamura A., Inchingolo F., Mevoli G., Boccadoro P. SAFE: Smart helmet for advanced factory environment. Internet Technology Letters. 2019. 2:e86. URL: onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/itl2.86



6. Акопян А.Ф., Акопян В.Ф., Ильина Е.Г. Мониторинг карстовых процессов в геологической среде города // Инженерный вестник Дона. 2019. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2019/5798
 7. Deser C., Lehner F., Rodgers K.B. et al. Insights from Earth system model initial-condition large ensembles and future prospects. *Nature Climate Change*. 2020. № 10, pp.277–286.
 8. Ullo S.L., Sinha G.R. Advances in Smart Environment Monitoring Systems Using IoT and Sensors. *Sensors*. 2020. № 20, 3113. URL: mdpi.com/1424-8220/20/11/3113
 9. Шарапов Р.В., Лодыгина Н.Д. Мониторинг трещин в строительных конструкциях // Инженерный вестник Дона. 2023. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2023/8277
 10. Krot P., Prykhodko I., Raznosilin V., Zimroz R. Model Based Monitoring of Dynamic Loads and Remaining Useful Life Prediction in Rolling Mills and Heavy Machinery. In: Ball, A., Gelman, L., Rao, B. (eds) *Advances in Asset Management and Condition Monitoring. Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol 166. Springer, Cham. pp 399–416.
 11. Finogeev A., Finogeev A., Fionova L. et al. Intelligent monitoring system for smart road environment. *Journal of Industrial Information Integration*. 2019. Vol. 15. pp. 15-20.
 12. Айроян З.А., Коркишко О.А., Сухарев Г.В. Мониторинг магистральных нефтепроводов с помощью беспилотных летательных аппаратов // Инженерный вестник Дона. 2016. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3898
 13. Фасоля А.А., Гузеев М.С., Уварина Н.В. Мониторинг качества образования: международный опыт // *Современная высшая школа: инновационный аспект*. 2020. №1 (47). С. 10-19.
-

14. Калинин Ю.П., Хорошилов А.А., Хорошилов А.А. Принципы создания системы мониторинга и анализа мирового потока научно-технической информации // Системы и средства информации. 2016. Том 26. Вып. 1. С. 139–165.

References

1. Sovetov B.Ya., Yakovlev S.A. Modelirovanie sistem [Systems modeling]. Moskva: Izdatel'stvo Yurayt, 2019. 343 p.
2. Malyshev Yu.A., Kutergina G.V., Avvakumov V.Yu. Audit i finansovyj analiz. 2010. № 6. pp. 238-250.
3. Petraevskiy V. A., Kuz'menko E.A., Markov A.K. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6368
4. Serhani M.A., El Kassabi H.T., Ismail H. Navaz A.N. Sensors. 2020. № 20. 1796. URL: mdpi.com/1424-8220/20/6/1796
5. Altamura A., Inchingolo F., Mevoli G., Boccadoro P. Internet Technology Letters. 2019. 2:e86. URL: onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/itl2.86
6. Akopyan A.F., Akopyan V.F., Il'ina E.G. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2019/5798
7. Deser C., Lehner F., Rodgers K.B. et al. Nature Climate Change. 2020. № 10, pp.277–286.
8. Ullo S.L., Sinha G.R. Sensors. 2020. № 20, 3113. URL: mdpi.com/1424-8220/20/11/3113
9. Sharapov R.V., Lodygina N.D. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2023/8277
10. Krot P., Prykhodko I., Raznosilin V., Zimroz R. In: Ball, A., Gelman, L., Rao, B. (eds) Advances in Asset Management and Condition Monitoring. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 166. Springer, Cham. pp 399–416.
11. Finogeev A., Finogeev A., Fionova L. et al. Journal of Industrial Information Integration. 2019. Vol. 15. pp. 15-20.



12. Ayroyan Z.A., Korkishko O.A., Sukharev G.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2016, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3898
13. Fasolya A.A., Guzeev M.S., Uvarina N.V. Sovremennaya vysshaya shkola: innovatsionnyj aspekt. 2020. №1 (47). pp. 10-19.
14. Kalinin Yu.P., Khoroshilov A.A., Khoroshilov A.A. Sistemy i sredstva informatsii. 2016. Tom 26. Vyp. 1. pp. 139–165.

Дата поступления: 22.10.2023

Дата публикации: 14.12.2023