

С. В. ВЛАСЕНКО
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН СЕМАНТИЧЕСКИХ ЗАПРОСОВ В СРЕДЕ ПЛАТФОРМ ЦИФРОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ И «ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ»

В докладе рассматривается комплексная задача построения многофункциональных интеллектуальных надстроек, ориентированных на применение в среде платформ цифровых производств и «интернета вещей». Основным предметом анализа являются виртуальные машины семантических запросов, входящие в состав ядра исполнительной системы подобных надстроек. Акцент при этом делается на рассмотрении функциональных возможностей, свойств и особенностей данных виртуальных машин, а также на используемых в них базовых классах моделей и выразительных средствах как декларативного, так и процедурного вида.

Введение. Устойчивый и динамичный рост объемов внедрений разнообразных цифровых платформ «умных» предприятий и производств, платформ «Интернета вещей» (IoT – Internet of Things) и промышленного «Интернета вещей» (IIoT – Industrial Internet of Things), а также постоянное усиление требований к уровню их «интеллектуализации» порождают целый ряд качественно новых комплексных проблем технологического плана. Одной из подобных проблем является создание многофункциональных интеллектуальных надстроек для платформ рассматриваемых классов (далее – цифровых платформ), которые обладали бы свойствами тиражируемых программных средств и выполняли бы функции интеллектуального управления процессами обработки данных и знаний (как на фазе проектирования, так и на фазе эксплуатации целевых систем), эффективно адаптируясь к специфике конкретной цифровой платформы и предметной области внедрения. Возможные подходы к решению указанной проблемы рассматривались, в частности, в [1, 2], где предлагалось использовать при построении интеллектуальных надстроек анализируемого профиля специализированные семантические метамодели (системы и предметной области) на базе аппарата концептуальных графов, а также соответствующую общую архитектуру единой программной среды «цифровая платформа + интеллектуальная надстройка». Тематика настоящего доклада связана с развитием описанных подходов в части определения и анализа функциональных характеристик виртуальной машины семантических запросов, являющейся одним из базовых компонентов ядра для предлагаемого вида интеллектуальных надстроек цифровых платформ.

Функциональные характеристики виртуальных машин семантических запросов для интеллектуальных надстроек цифровых платформ. Исследуемая в рамках доклада общая постановка задачи может быть кратко сформулирована следующим образом. Рассматривается абстрактная цифровая платформа (произвольного назначения), построенная на основе IoT/IIoT-инфраструктуре общего вида, отвечающей ряду типовых требований по архитектуре и базовой функциональности ([3–5]). К числу таких требований относятся:

- наличие слоев AEP (Application Enablement Platform – платформа обеспечения работы приложений) и ADP (Application Development Platform – платформа разработки приложений);
- наличие базовой системы управления интегрированным хранилищем данных – DSMS (Data Storage Management System);
- поддержка профилей CMP (Connectivity Management Platform – платформа управления коммуникациями), NM (Network, Data & Subscriber Management – управление сетями, данными и абонентами) и DMP (Device Management Platform – платформа управления устройствами/ «вещами»);
- и ряд других.

Для данной абстрактной цифровой платформы формируется интеллектуальная надстройка (рассматриваемая как тиражируемое решение, адаптируемое к специфике самой платформы и конкретного целевого приложения), к основным функциям которой относятся:

- поддержка работы с семантическими метамоделями, интегрирующими в единый базис модели целевой системы, цифровой платформы и предметной области внедрения, а также компоненты единого хранилища данных (обобщенная структура данных метамodelей предложена в [6]);
- поддержка построения и обработки моделей знаний различного назначения (включая «исполнение» моделей процедурного типа);
- поддержка функций интеллектуального проектирования и моделирования целевой системы (включая построение моделей по принципу «plug and play», использование проектных аналогов и шаблонов проектирования, автоматического конфигурирования программного окружения моделей и т. п.);
- интеллектуальный выбор (или построение) сценариев решения функциональных задач на основании знаний о предметной области, целевой системе и цифровой платформе;
- поддержка механизма семантических запросов к единому хранилищу данных и знаний платформы.

Архитектура интегрированного решения вида «цифровая платформа + интеллектуальная надстройка» принимается в виде, предложенном в [1] и [2].

При описанных выше условиях рассматривается задача создания виртуальной машины обработки семантических запросов, способной поддержать исполнение соответствующих функций в составе интеллектуальной надстройки цифровой платформы и обладающей высоким уровнем универсальности. При этом непосредственно обсуждаемым в докладе аспектом данной задачи является определение функциональных характеристик подобной виртуальной машины, а также методов и средств ее реализации.

В качестве отправной точки при решении поставленной задачи принимается ориентация на использование (в качестве базового класса моделей знаний) аппарата концептуальных графов (КГ), регламентируемого стандартом для так называемой «общей логики» (Common Logic – CL) ISO/IEC 24707:2007 (Information technology — Common Logic (CL): a framework for a family of logic-based languages). Развернутое описание возможностей данного аппарата приведено, в частности, в [7, 8]. В [1] и [2] отмечались некоторые важные (в контексте исследуемых проблем формирования интеллектуальных надстроек цифровых платформ) преимущества данного аппарата перед аппаратом онтологических моделей и соответствующими выразительными средствами представления знаний (языками семейств OWL и RDF/RDFS). Применительно к тематике настоящего доклада среди них представляется необходимым особо выделить следующие:

1) КГ способны описывать как декларативные, так и процедурные знания, а также выступать в роли единой формы представления практически любых наиболее распространенных классов моделей знаний и данных;

2) для описания КГ имеются регламентируемые выше упомянутым стандартом CL выразительные средства (языки CGIF и CLIF, XML-производный язык XCL, графическая нотация DF);

3) в стандарте «общей логики» описан аппарат формальной логической интерпретации, что позволяет строить математически корректные машины «исполнения» КГ.

Уместно также заметить, что все языки онтологий, регламентированные в рамках Semantic Web (включая OWL-2 и все его диалекты), являются семантическими подмножествами языков CL.

В совокупности анализ системных свойств аппарата КГ, а также свойств предлагаемого в [3] модельного базиса «интеллектуализированных» цифровых платформ приводит к ряду выводов, имеющих непосредственное отношение к рассматриваемой задаче построения виртуальной машины семантических запросов исследуемого профиля:

- нотации КГ (включая CGIF и CLIF) в рамках поставленной задачи могут быть приняты не только в качестве средства описания моделей знаний, но и в качестве средства описания семантических запросов к интеллектуальной надстройке цифровой платформы. При этом помимо синтаксической составляющей запрос получит и регламентированную структурную интерпретацию (в виде соответствующего «КГ-запроса»), что позволит существенно упростить программную реализацию широкого множества поисковых и трансформационных операций при обработке запросов. Кроме того, в отличие от случая применения онтологических моделей, приводящего на практике к преимущественному разделению инструментальных средств описания знаний, запросов, правил и процедур обработки знаний (например, на базе OWL, SPARQL, SWRL и т. п.) в данном случае от-

крывается возможность использования единого инструмента – виртуальной машины КГ. При реализации указанной машины в докладе предлагается использовать механизм так называемых «специальных контекстов» и «актеров» в КГ для внесения ряда необходимых расширенных интерпретаций, необходимых для корректного «исполнения» соответствующих КГ-моделей;

- в случае принятия предлагаемого подхода задача создания гибкого механизма семантических запросов в среде «цифровая платформа + интеллектуальная надстройка + целевая система» вырождается и приводит лишь к необходимости поддержки особого случая «исполнения» КГ, представляющих собой «КГ-запросы», в среде универсальной виртуальной машины КГ.

В технологическом плане унификация процессов «исполнения» КГ открывает и возможности для гибкого управления работой виртуальной машины КГ с разделением задач трансляции (при формировании моделей знаний требуемого вида) и прямой интерпретации (например, в случае обработки семантических запросов или выполнении процедурных компонентов моделей) используемых КГ-нотаций (в контексте доклада в качестве базовой нотации предлагается применение языка CGIF).

Заключение. Таким образом, на основании приведенного в докладе материала можно заключить, что ранее предложенная в [1] и [2] архитектура комплекса «цифровая платформа + интеллектуальная надстройка + целевая система» может быть упрощена путем включения функций виртуальной машины семантических запросов в состав функций унифицированной виртуальной машины КГ при условии соответствующей модернизации механизма интерпретации КГ-моделей и принятия необходимых расширений предопределенного синтаксиса описания специальных контекстов и актеров в нотациях на языке CGIF. В докладе приводится также детализированная характеристика основных преобразований КГ, сопутствующих исполнению семантических запросов базовых классов – «запрос → результирующий КГ», «запрос → исполнение процедурного КГ» и (как общий случай) «запрос → трансляция/интерпретация CGIF-нотаций».

ЛИТЕРАТУРА

1. Vlasenko S., Efimenko G., Gnezdilov D., Brikova O. Approaches to Conceptual Graphs Notations Using in Digital Manufacturing Software Environments. // Proceedings. 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (2019 ElConRus) p. 731-735. 10.1109/ElConRus.2019.8656842.
2. **Власенко С.В.** Формирование модельного базиса интеллектуальных платформ цифровых производств с использованием аппарата концептуальных графов // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2019. № 1. С. 44-51.
3. **Pethuru Raj, Anupama C. Raman.** The Internet of Things: Enabling Technologies, Platforms, and Use Cases. Auerbach Publications, Boca Raton, FL, USA, 2017. 364 p.
4. **Fuqaha A., Guizani M., Mohammadi M., Aldehari M., Ayyash M.** "Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols and Applications, IEEE Communications Surveys & Tutorials, Volume 17, Issue 4, 2015.
5. Foundational Elements of an IoT Solution by Joe Biron and Jonathan Follett Copyright. 2016 O'Reilly Media. ISBN: 9781492042655.
6. **Власенко С.В.** Структуры семантических метамodelей цифровых производств на базе концептуальных графов // III Международная научная конференция по проблемам управления в технических системах (ПУТС-2019). Сборник докладов. СПб., Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2019. Т. 1. С. 16-19.
7. **John F. Sowa,** Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations, Brooks Cole Publishing Co., Pacific Grove, CA USA, 2000. 594 p.
8. **Michel Chein, Marie-Laure Mugnier.** Graph-based Knowledge Representation - Computational Foundations of Conceptual Graphs. Advanced Information and Knowledge Processing, Springer 2009, ISBN 978-1-84800-285-2, pp. 1-427.

S.V. Vlasenko (Saint-Petersburg Electrotechnical University “LETI”, St. Petersburg)

Functional Characteristics of Virtual Semantic Query Engines in Environment of Digital Manufacturing and Internet of Things Platforms

The report deals with the complex task of building multi-functional intelligent add-ons aimed at application in the environment of digital manufacturing and Internet of things platforms. The main subject of analysis is virtual semantic query engines that are part of the core of the executive system of such add-ons. The emphasis is placed on considering the functionality, properties, and features of these virtual engines, as well as on the base classes of models used in them, and on both declarative and procedural expressions.