

СЕМАНТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПИСАНИЮ КОНФИГУРАЦИИ СРЕДЫ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Д.А. Усталов

Введение. Среда облачных вычислений — это гетерогенная система, состоящая из большого количества физических серверов, систем хранения данных, сетевого оборудования, гипервизоров, виртуальных машин, промежуточного программного обеспечения, а также сервисов для конечного пользователя.

Наличие большого количества связанных разнородных элементов в такой системе затрудняет предоставление конечным пользователям информации о возможностях среды облачных вычислений. Пользователи заинтересованы в использовании как доступных прикладных сервисов (например, разнообразных Web-приложений), так и в развёртывании собственных виртуальных машин с целью запуска необходимых в работе пакетов прикладных программ, систем управления базами данных, и т. д.

В целях формирования актуального и непротиворечивого представления конечного пользователя о возможностях и предоставляемых услугах среды облачных вычислений, поставлены две задачи:

1. составить онтологию в стандартном машиночитаемом формате, описывающую все элементы облачной платформы, а также различные семантические связи между ними;
2. предоставить конечным пользователям справочный интерфейс, позволяющий выполнять запросы к онтологии и представляющий результаты выполнения таких запросов в виде, пригодном для чтения человеком.

Данная работа посвящена изучению предметной области, построению OWL-онтологии среды облачных вычислений и применению инструментария SPARQL для выполнения запросов к построенной онтологии. Такая онтология может применяться для предоставления конечным пользователям новых сервисов, способных эффективно решать возникающие задачи предметных специалистов.

Классификация. Сегодня существует большое количество работ, посвящённых классификации элементов среды облачных вычислений. Для решения исходной задачи — представления среды облачных вычислений для конечного пользователя, целесообразно взять за основу популярную сегодня классификацию [1], изображённую на рис. 1:

1. Software-as-a-Service — «облачные» пакеты прикладных программ;
2. Platform-as-a-Service — инструменты для разработчиков, предназначенные для развёртывания программного обеспечения в среде облачных вычислений;
3. Data-as-a-Service — системы хранения данных;
4. Communications-as-a-Service — телекоммуникационные средства;
5. Infrastructure-as-a-Service — виртуальные машины, предоставляемые средой облачных вычислений;
6. Hardware-as-a-Service — физические серверы.

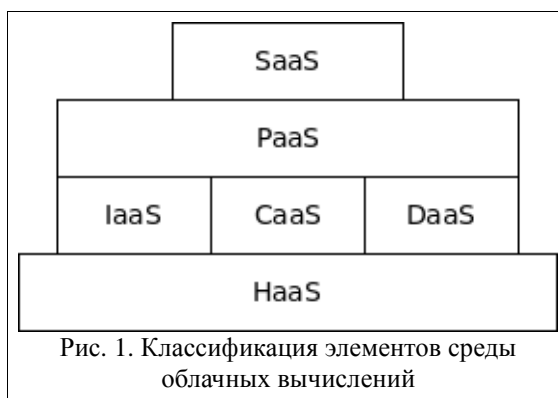


Рис. 1. Классификация элементов среды облачных вычислений

На практике задача описания конфигурации среды облачных вычислений зачастую решается путём представления элементов облачной среды в графической нотации, предлагаемой популярными программными пакетами, такими как Microsoft® Visio®, Dia, или GraphViz. Однако при использовании графических схем пользователь сильно ограничен в возможности быстрой навигации по крупномасштабной схеме, что затрудняет оперативное принятие решений относительно использования возможностей среды облачных вычислений.

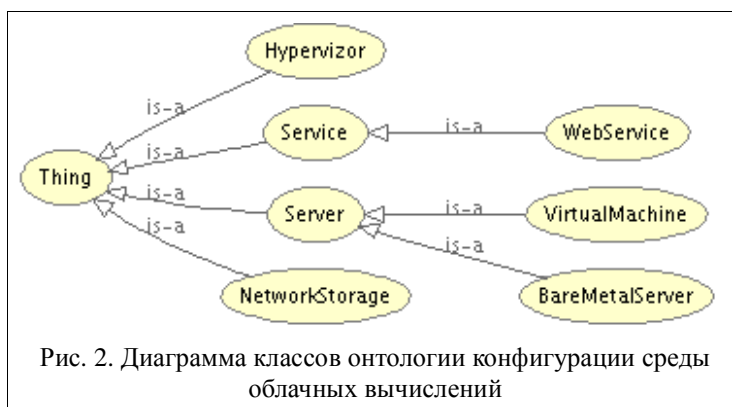
Подход к описанию конфигурации на основе онтологии. Для построения онтологической модели использован язык описания онтологий Web Ontology Language [2], спроектированный и поддерживаемый Консорциумом W3C в рамках концепции семантической паутины [3]. Применение языка OWL позволяет

воспользоваться всеми преимуществами стека технологий Semantic Web, в том числе языком SPARQL [4], предназначенным для выполнения запросов к онтологиям.

При построении онтологии основное внимание уделялось представлению связей между элементами среды облачных вычислений. Таким образом, в онтологии были сформированы OWL-классы, приведённые в табл. 1 и на рис. 2.

Таблица 1. Классы онтологии конфигурации среды облачных вычислений

Название класса	Описание понятия	Уровень
WebService	Web-сервис, доступный конечному пользователю	SaaS
Service	Пакет прикладных программ, доступный конечному пользователю	PaaS, SaaS
VirtualMachine	Виртуальная машина, запущенная в определённом гипервизоре виртуальных машин	IaaS
NetworkStorage	Система хранения данных	DaaS
Hypervisor	Гипервизор виртуальных машин, запущенный на физическом сервере	IaaS
BareMetalServer	Физический сервер, на котором может быть запущен как гипервизор виртуальных машин, так и программное обеспечение для конечного пользователя	Haas, IaaS
Server	Представляет собой обобщённое понятие сервера, на котором может быть развёрнуто программное обеспечение. Включает понятие виртуальной машины и физического сервера	Haas, IaaS



Для описания связей между экземплярами классов (то есть связей между реальными элементами среды облачных вычислений) определены свойства-объекты, представленные в табл. 2.

Таблица 2. Свойства-объекты онтологии конфигурации среды облачных вычислений

Название свойства-объекта	Класс субъекта	Класс объекта	Описание отношения
controlledBy	Hypervisor	Server	Ссылка на головной узел данного субъекта — гипервизора виртуальных машин
dependsOn	Service	Service	Декларация зависимости одного сервиса от другого
deployedAt	Service	Server	Указание сервера, на котором развёрнут данный сервис
hasNode	Hypervisor	BareMetalServer	Отношение функционирования объекта — физического сервера, в качестве рабочего узла гипервизора виртуальных машин
hasStorage	Thing	NetworkStorage	Факт использования субъектом сетевой системы хранения данных
hostedBy	VirtualMachine	Hypervisor	Ссылка на гипервизор, который обслуживает данную виртуальную

			машину
--	--	--	--------

Помимо классов, экземпляров классов и отношений между ними, определён ряд свойств-данных, характеризующих различные параметры элементов среды облачных вычислений (табл. 3).

Таблица 3. Свойства-данные онтологии конфигурации среды облачных вычислений

Название свойства-данных	Класс субъекта	Тип данных	Описание отношения
cpuClock	BareMetalServer	int	Тактовая частота одного процессорного ядра физического сервера, измеряется в МГц
cpuCount	Server	int	Общее количество процессорных ядер, имеющихся на сервере или виртуальной машине
cpuModel	BareMetalServer	string	Модель процессора, установленного на физическом сервере
cpuVendor	BareMetalServer	string	Производитель процессора, установленного на физическом сервере
ipAddress	Thing	string	IP-адрес элемента онтологии
totalDiskSpace	BareMetalServer, NetworkStorage	long	Общее дисковое пространство, доступное физическому серверу или системе хранения данных, измеряется в МиБ
totalMemory	Server	int	Общий объём оперативной памяти, доступный физическому серверу или виртуальной машине, измеряется в МиБ
uri	WebService	anyURI	Точка входа в Web-сервис для конечного пользователя

В демонстрационных целях в онтологию внесены сведения о нескольких узлах суперкомпьютерного центра ИММ УрО РАН. На рис. 3 приведена диаграмма связей между элементами онтологии уровня IaaS: виртуальные машины *nlp-db*, *nlp-utkus1*, *nlp-myaso1*, *nlp-myaso2*, *nlp-tesuck1*, *nlp-utkus1*, *okorok*, *cf*; физические серверы *ovnode1*, *ovnode2*, *ovnode3*, *ovnode4*, а также гипервизоры *esxi* и *ovirt*.

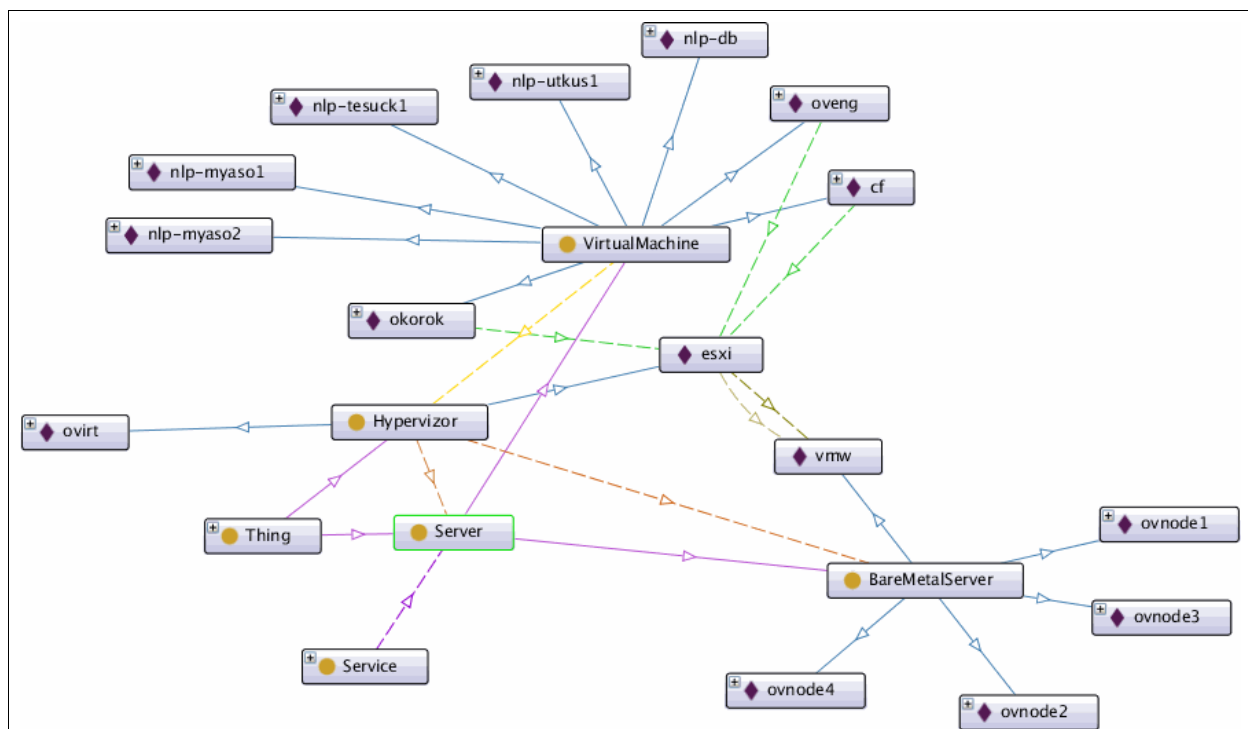


Рис. 3. Графическое представления уровня IaaS

На рис. 4 представлен уровень SaaS: программные пакеты *haproxy*, *postgresql*, *memcached*, а также Web-сервисы *redstore*, *utkus*, *tesuck*, *myaso*, *deltacloud*.

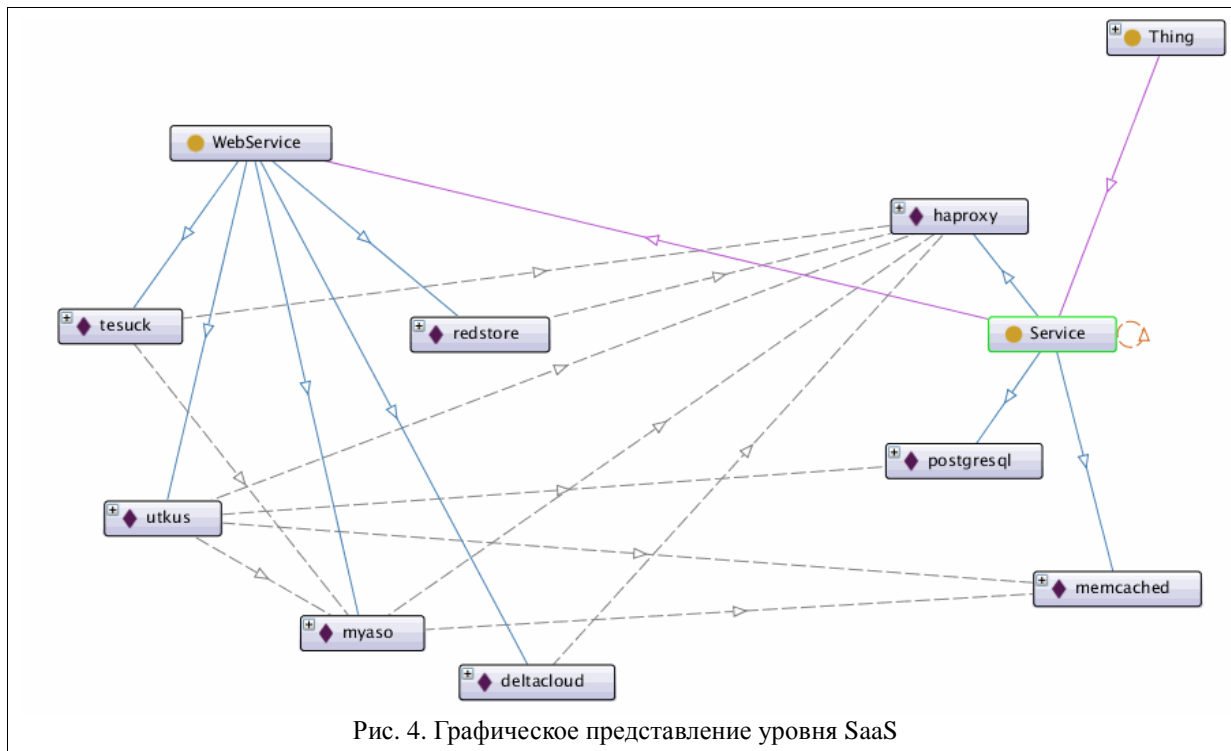


Рис. 4. Графическое представление уровня SaaS

Запросы на извлечение данных. Имеется возможность выполнять SPARQL-запросы к онтологии с целью извлечения сведений о существующих элементах среды.. На рис. 5 приведён пример запроса сведений о программном пакете *deltacloud*, на рис. 6 представлен результат выполнения запроса. В качестве репозитория онтологии используется Web-сервис RedStore [5].

Query Form

```
SELECT * WHERE {
  <http://www.imm.uran.ru/CyberInfrastructure.owl#deltacloud> ?p ?o
}
```

Query Language: LAQRS adds to Querying RDF in SPARQL

Result Format: HTML Table

Сброс Execute

RedStore/0.5.4 librdf/1.0.15 raptor/2.0.7 rasqal/0.9.29

Рис. 5. Пример SPARQL-запроса

Результатом выполнения запроса, изображённого на рис. 5 является множество кортежей вида ⟨предикат, объект⟩, обнаруженных для запрошенного субъекта — Web-сервиса *deltacloud*. Из результата запроса на рис. 6 видно, что элемент *deltacloud* является экземпляром класса «Web-сервис» (предикаты *#type*), зависит от сервиса *haproxy* (предикат *#dependsOn*), развёрнут на виртуальной машине *cf* (предикат *#deployedAt*) и имеет публичную точку входа <http://cf.imm.uran.ru> (предикат *#uri*). Предикаты соответствуют предварительно описанным свойствам-значениям (табл. 2) и свойствам-данным (табл. 3). Субъекты и объекты соответствуют заданным типам, в том числе описанным в табл. 1.

?p	?o
http://www.imm.uran.ru/CyberInfrastructure.owl#dependsOn	http://www.imm.uran.ru/CyberInfrastructure.owl#haproxy
http://www.imm.uran.ru/CyberInfrastructure.owl#uri	http://cf.imm.uran.ru^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#anyURI>
http://www.imm.uran.ru/CyberInfrastructure.owl#deployedAt	http://www.imm.uran.ru/CyberInfrastructure.owl#cf
http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.imm.uran.ru/CyberInfrastructure.owl#WebService
http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual

Total number of rows: 5.

Рис. 6. Пример выполнения SPARQL-запроса

Заключение. Представлен семантический подход к описанию конфигурации среды облачных вычислений, основанный на OWL-онтологии и языке запросов SPARQL. Данный подход позволяет обеспечить наглядность представления сведений о возможностях среды облачных вычислений с возможностью изучения срезов данных при помощи механизма запросов. Приведены примеры на основе нескольких узлов суперкомпьютерного центра ИММ УрО РАН.

Стоит отметить два важных направления дальнейшей работы:

1. уточнить требования к уровню Communications-as-a-Service с целью внесения в онтологию сведений о телекоммуникационных узлах;
2. расширить свойства класса *Service* для предоставления конечным пользователям дополнительной информации об особенностях программного обеспечения, предоставляемого в облачной среде.

Данная работа поддержана грантами УрО РАН №12-С-1-1012 и №12-П-1-2012.

ЛИТЕРАТУРА:

1. L. Youseff, et al. Toward a unified ontology of cloud computing // Proceedings of the Grid Computing Environments Workshop, 2008. GCE'08. P. 1–10.
2. OWL 2 Web Ontology Language Document Overview. URL: <http://www.w3.org/TR/owl2-overview/>
3. W3C Semantic Web Activity. URL: <http://www.w3.org/2001/sw/>
4. SPARQL 1.1 Protocol for RDF. URL: <http://www.w3.org/TR/2010/WD-sparql11-protocol-20100126/>
5. RedStore. URL: <http://www.aelius.com/njh/redstore/>