

УДК 004.822; 004.89

Онтологический подход к конфигурированию продуктов операторов сотовой связи для абонентов*

Т.В. ЛЕВАШОВА¹, М.П. ПАШКИН²

¹ 199178, РФ, г. Санкт-Петербург, 14-я линия, 39, Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук, кандидат технических наук. E-mail: tatiana.levashova@iias.spb.su

² 199178, РФ, г. Санкт-Петербург, 14-я линия, 39, Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук, кандидат технических наук. E-mail: michaelpashkin@mail.ru

Конфигурированием продукта называется процесс модификации продукта в соответствии с требованиями заказчика. К настоящему времени исследования в этом направлении вышли на стадию концептуального моделирования. При таком подходе модель продукта не зависит от конечной цели конфигурирования, что позволяет приспособлять существующую модель к текущим потребностям заказчика.

В работе предлагается онтолого-ориентированный подход к конфигурированию продукта. В качестве проблемной области выбрана мобильная связь, в качестве решаемой задачи – конфигурирование продукта оператора сотовой связи. Продукты операторов сотовой связи интенсивно развиваются и постоянно совершенствуются. Поддержка конфигурации этих продуктов в виде, соответствующем современным требованиям и запросам абонентов, является актуальной задачей.

В рамках работы рассматривается онтология продукта оператора сотовой связи, описывается сценарий конфигурирования продукта посредством модификации существующей конфигурации и приводится пример использования этого сценария. Онтология продукта оператора сотовой связи представлена концептами верхнего уровня с примерами их экземпляров. Сценарий предусматривает три операции модификации конфигурации продукта: добавление компонента в конфигурацию, изменение свойств компонентов продукта, исключение компонента из конфигурации. Пример использования сценария разработан для частного случая конфигурирования – конфигурирование продукта оператора сотовой связи посредством расширения существующей конфигурации. Для рассматриваемого случая онтология продукта представлена средствами языка OWL, запросы к онтологии реализованы на языке SPARQL.

Подход может быть использован для конфигурирования продуктов операторов сотовой связи при условии разработки соответствующей онтологии.

* Статья получена 26 февраля 2016 г.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 14-07-00345, 14-07-00427 и 16-07-00375), Президиума РАН (программа I.5, проект № 213) и бюджетной темы № 0073-2014-0005.

Ключевые слова: продукт оператора сотовой связи, онтология, конфигурирование, сценарий конфигурирования продукта, модификация конфигурации, спецификация требований абонента, OWL, SPARQL

DOI: 10.17212/1814-1196-2016-2-99-114

ВВЕДЕНИЕ

Конфигурирование продукта – это процесс модификации продукта в соответствии с требованиями заказчика. Неформально конфигурирование может быть определено как особый вид проектирования, при котором создаваемый объект (продукт) собирается из различных компонентов, которые могут быть объединены в продукте таким образом, что продукт будет соответствовать заданным ограничениям. Решением задачи конфигурирования является набор компонентов, составляющих продукт, и при необходимости отношений между этими компонентами.

К настоящему времени существует немало систем конфигурирования (например, системы, описанные в работе [1]). Такие системы являются одним из наиболее успешных применений технологии искусственного интеллекта. Если первые системы конфигурирования ориентировались на процесс конфигурирования конкретного продукта (например, подходы, основанные на правилах [2] или на технологии удовлетворения ограничений [3–5]), то со временем в конфигурировании произошел сдвиг в сторону концептуального моделирования создаваемых продуктов [6–9]. Также от конфигурирования материальных продуктов, таких как автомобили, компьютеры и т. п., появилась возможность переходить к конфигурированию нематериальных продуктов, например Интернет-сервисов [10, 11] и программного обеспечения [12].

Концептуальное моделирование лежит в основе онтолого-ориентированных подходов к конфигурированию продуктов [8, 13–17]. В этих подходах решаются несколько задач: поиск соответствий между словарем пользователя и словарем проблемной области, разработка онтологии проблемной области и разработка системы конфигурирования продукта. В современных подходах онтология проблемной области представляется средствами языка OWL (Web Ontology Language) [18], более ранние подходы (например, [13]) ориентированы на представление средствами предшественника OWL – языка DAML + OIL. Правила конфигурирования описываются на языке правил SWRL (a Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML). Для запросов к онтологии проблемной области используется язык SPARQL (язык запросов к данным, представленным по модели RDF) [19]. Системы конфигурирования, как правило, реализованы на языке Java. В настоящее время языки OWL и SPARQL являются рекомендациями консорциума W3C (World Wide Web Consortium) [20].

Представленная здесь работа посвящена разработке подхода к конфигурированию продуктов операторов сотовой связи (ОСС). Разработка такого подхода в указанной области представляется весьма актуальным. Продукты операторов сотовой связи интенсивно развиваются и постоянно совершенствуются. Какие-то компоненты устаревают, какие-то появляются. Поддержка конфигурации продукта ОСС в виде, соответствующем современным тре-

бованиям и запросам абонентов, является актуальной задачей. На решение этой задачи направлен предлагаемый в работе подход.

Подход предполагает использование онтологической модели продукта ОСС. Сценарий конфигурирования продукта, обсуждаемый в подходе, не требует использования какого-либо определенного языка или формата описания онтологии. В работе предложена реализация сценария для онтологии, представленной на языке OWL.

ПОДХОД К КОНФИГУРИРОВАНИЮ ПРОДУКТА ОПЕРАТОРА СОТОВОЙ СВЯЗИ

Конфигурирование – это процесс создания/изменения конфигурации продукта. Можно выделить два основных способа конфигурирования: разработка нового продукта с нуля и разработка нового продукта на основе существующих. Последний способ предполагает модификацию существующего продукта посредством добавления к нему или удаления из него компонентов, а также посредством изменения характеристик продукта. Например, изменение конфигурации ОСС посредством подключения (отключения) выхода в сеть Интернет или изменения стоимости какой-либо опции.

В типовом сценарии при конфигурировании продукта с нуля сначала собираются пожелания клиента по набору компонентов и опций, которые он хотел бы иметь, без каких-либо ограничений. Создается конфигурация, максимально соответствующая желаниям клиента. Затем эта конфигурация модифицируется в соответствии с возможностями, которыми располагает клиент (тип устройства; сумма, которую абонент может потратить за определенный период и т. п.).

В сценарии конфигурирования посредством модификации сначала выбирается некоторая существующая конфигурация, которая затем изменяется. Если выбрана конфигурация с максимальным набором компонентов, то конфигурирование производится по пути удаления компонентов; если с минимальным набором, то, наоборот, по пути добавления, с соответствующим пересчетом стоимости окончательного продукта. При добавлении компонентов учитываются пожелания клиента и возможность их реализации в создаваемой конфигурации. Например, если устройство клиента не имеет приемника GPS в качестве компонента, то навигацию предлагать нет смысла. Также добавление некоторого компонента может значительно расширить потенциальную функциональность конфигурируемого продукта. По желанию клиента набор функций может быть уменьшен, что также отражается на стоимости окончательного продукта.

Ранее были описаны правила выбора продуктов при конфигурировании продукта с нуля [21]. В настоящей работе рассматривается конфигурирование посредством модификации. Как видно из вышесказанного, этот вид конфигурирования входит в оба сценария.

Применительно к ОСС решается задача конфигурирования нового продукта посредством модификации существующих продуктов ОСС под требования абонентов. Под продуктом ОСС понимается товар или услуга, которую оператор связи может предложить абоненту для приобретения, потребления и

использования в качестве средства удовлетворения определенных потребностей. Примерами продуктов ОСС являются отправка и получение коротких сообщений (СМС), услуги передачи данных, модем и т. п.

В работе предлагается для конфигурирования продуктов ОСС использовать онтологическую модель продукта. Эта модель дает общие представления о свойствах продуктов, их видах и о том, из чего продукты состоят, какие взаимосвязи между ними существуют.

ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОДУКТА ОПЕРАТОРА СОТОВОЙ СВЯЗИ

Онтологическая модель продуктов ОСС основана на моделях SID (Shared Information/Data Model) [22] – эталонная модель данных для прикладного программного обеспечения операторов связи – и ТАМ (Telecom Application Map) [23] – эталонная карта приложений в телекоммуникационной отрасли. Указанные модели были предложены отраслевой некоммерческой ассоциацией, объединяющей предприятия электросвязи и их поставщиков с целью выработки стандартов, рекомендаций и моделей для информационных технологий в телекоммуникационной отрасли (ТМ Forum).

Онтологическая модель продуктов ОСС представлена на рис. 1. Продукты ОСС могут быть простыми и составными. *Простой продукт* – это независимый продукт, не имеющий подчиненных продуктов. *Ресурс, услуга, тарифный план и контент* входят частями в простой продукт. *Составной продукт* – продукт, полученный посредством объединения других продуктов, которые, в свою очередь, могут быть простыми или составными.

Ресурс – это физический или логический компонент инфраструктуры или материально-производственных запасов ОСС. Ресурсы могут быть физическими и логическими. *Физические ресурсы* – это физические устройства и оборудование (например, SIM-карты, мобильные устройства, модемы и т. п.). *Логические ресурсы* – это логические единицы, требующие материального учета и используемые оборудованием и информационными системами ОСС (например, номерная емкость, пул IP-адресов).

Услуга – часть продукта, невидимая абоненту. Услуга представляет собой реализацию предложения поставщика с точки зрения этого поставщика.

Тарифный план – перечень возможных услуг и правила определения их стоимости.

Контент – информация, адресованная владельцам мобильных устройств.

Продажа продукта ОСС может осуществляться через системы самообслуживания абонентов (например, личный кабинет, интернет-магазин) или структуры для обслуживания абонентов (например, салон связи). Данные системы и структуры являются подвидами концепта *Канал продаж*.

Все концепты, используемые в онтологической модели, характеризуются наборами свойств. На рисунке в качестве примере приведены свойства *форма* и *номер* (идентификационный номер SIM-карты), являющиеся характеристикой концепта *SIM-карта*.

Приведенная онтология задает концепты верхнего уровня, которые для реального продукта представлены конкретными значениями. То есть реальная SIM-карта будет представлена концептом SIM-карта с конкретными значениями свойств *форма* (одно из FF, 2FF, 3FF, 4FF) и *номер* (идентификационный номер именно этой карты). Предложенная модель при конкретном применении может быть расширена и дополнена концептами, свойствами и отношениями, специфическими для рассматриваемого продукта.

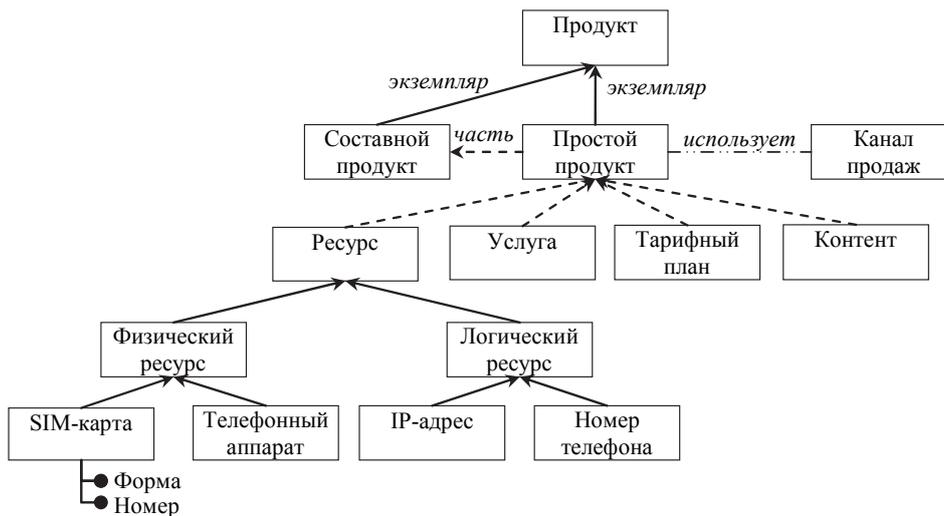


Рис. 1. Онтологическая модель продукта ОСС (фрагмент)

С формальной точки зрения рассмотренная выше модель может быть описана средствами дескрипционных логик, которые в настоящее время широко используются. В этом случае онтологическая модель O ($O = (C, R, I)$) формально представляется множествами концептов (C), которые специфицируют классы (типы, виды) объектов проблемной области, множествами объектов (I) (экземпляров классов) и множествами отношений (R). Отношения могут существовать как на уровне концептов, так и на уровне объектов. Применительно к онтологиям используются одноместные и двуместные отношения, называемые в дескрипционных логиках ролями. В частности, в конкретной реализации свойства могут быть представлены одноместными предикатами или самостоятельными концептами, связанными бинарным отношением *иметь свойство* с соответствующим концептом.

КОНФИГУРИРОВАНИЕ ПРОДУКТА ОСС ПОСРЕДСТВОМ МОДИФИКАЦИИ

Требования абонента складываются из пожеланий этого абонента к создаваемой конфигурации и из требований или ограничений, накладываемых персональным устройством абонента. Если пожелания отсутствуют, то создается конфигурация продукта под возможности персонального устройства.

Ограничения, накладываемые персональным устройством абонента, читаются из профиля этого абонента. Профиль абонента имеет онтолого-

ориентированное представление. Оно включает в себя описание абонента и описание персонального устройства, для которого осуществляется конфигурирование продукта. Представление профиля совместимо с представлением онтологии продуктов ОСС. Пример профиля абонента приведен на рис. 2.

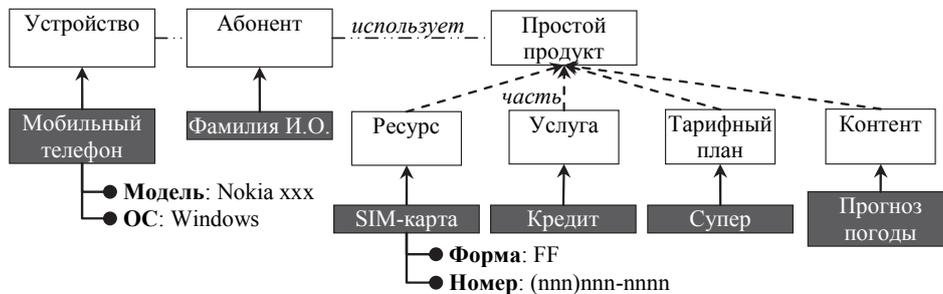


Рис. 2. Профиль абонента (фрагмент)

Сценарий конфигурирования продукта ОСС приведен на рис. 3. Вначале специфицируются пожелания абонента. Результат спецификации – набор терминов, описывающих пожелания абонента. Термины представляют а) компоненты, над которыми будут осуществляться операции по модификации существующей конфигурации продукта ОСС, и б) виды операций.

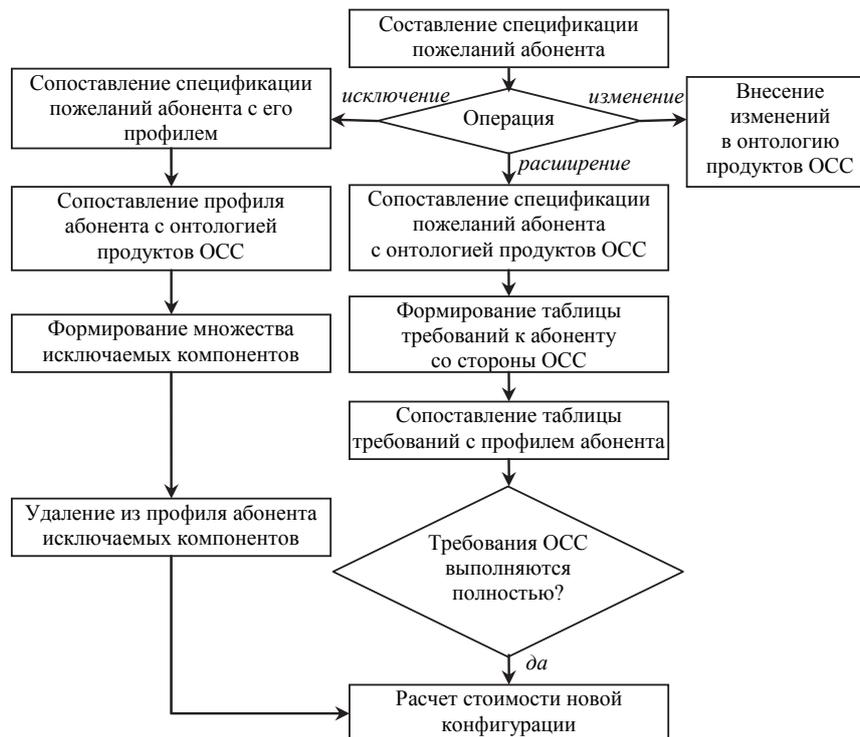


Рис. 3. Сценарий конфигурирования продукта ОСС

В онтологическом представлении часть терминов соответствует концептам (классам) и экземплярам классов. Далее по тексту концепты и классы ис-

пользуются как синонимы. Формально спецификация пожеланий абонента может быть описана следующим образом: $S_a = (C_a, OP_a, R_a)$, где S_a – спецификация пожеланий абонента; C_a – список концептов, описывающих пожелания абонента; OP_a – множество операций по модификации существующей конфигурации; R_a – множество отношений, задающих связь между операциями и множеством концептов, над которыми эти операции будут выполняться.

Предусмотрены следующие операции: добавление, изменение, исключение. Операция добавления предполагает расширение существующей конфигурации новым компонентом. Под изменением понимается корректировка в части свойств компонентов. Операция исключения предназначена для удаления компонента из существующей конфигурации.

Согласно сценарию, если абонент желает расширить имеющуюся у него конфигурацию продукта, спецификация его пожеланий сопоставляется с онтологией продукта ОСС. Результатом сопоставления являются отображения M между концептами спецификации и элементами онтологии: $M : C_a \rightarrow C \cup I$. Дальнейшая работа сценария зависит от того, в какие элементы онтологии (концепты или экземпляры классов) отобразились концепты спецификации.

Для отображений $M_1 : C_{a_1} \rightarrow C$, $M_1 \subset M$, $C_{a_1} \subset C_a$ в онтологии продукта ОСС определяются экземпляры концептов C . Если у какого-либо концепта $c \in C$ нет прямых экземпляров, то выбираются экземпляры концептов, прямо или опосредованно подчиненных концепту c на основании отношения *быть экземпляром*. Иными словами, выбираются экземпляры подклассов класса c . В результате для отображений M_1 формируется множество экземпляров I_1 ($I_1 \subset I$).

Для отображений $M_2 : C_{a_2} \rightarrow I$, $M_2 \subset M$, $C_{a_2} \subset C_a$ в онтологии определяются экземпляры концептов, связанные отношениями с экземплярами I . Получаем множество экземпляров I_2 ($I_2 \subset I$).

Предполагается, что один концепт спецификации отображается только в один элемент онтологии, т. е. $M_1 \cap M_2 = \emptyset$ и $C_{a_1} \cap C_{a_2} = \emptyset$.

В общем случае при поиске экземпляров концептов, связанных отношениями с экземплярами I , рассматриваются все виды отношений, кроме отношения *быть экземпляром*. Экземпляры концептов являются объектами нижнего уровня таксономии, и отношение *быть экземпляром* связывает их только с родовидовым понятием, что не принципиально для задачи конфигурирования. Применительно к конкретной предметной области или к конкретной семантике виды рассматриваемых отношений могут быть изменены.

На основании отображений M составляется таблица требований к абоненту со стороны ОСС (табл. 1). В таблице $i \in I$; верхняя строка таблицы ($i_{1..n}$) – имена экземпляров концептов из множества $I_r = I_1 \cup I_2$, где n – количество экземпляров концептов в этом множестве; i_{nk} – имя экземпляра k , который связан отношением (исключая родовидовое отношение) с экземпляром n . В общем случае количество заполненных строк в столбцах может

быть разным, так как экземпляры из верхней строки могут иметь различное число связанных экземпляров.

Таблица 1

Таблица требований ОСС

i_1	i_2	...	i_n
i_{11}	i_{21}	...	i_{n1}
...
i_{1k}	i_{2k}	...	i_{nk}

Таблица требований сопоставляется с профилем абонента. Так же как и в случае с сопоставлением пожеланий абонента, в результате сопоставления формируется множество отображений M_a между элементами из таблицы и элементами из профиля: $M_a : I_r \rightarrow I_a$, где I_a – множество экземпляров классов в профиле абонента.

Расширение конфигурации возможно, если для всех i_{nk} некоторого экземпляра i_n существуют отображения либо если экземпляр i_n не имеет каких-либо специальных требований к абоненту и его устройству (в табл. 1 для экземпляра i_n нет заполненных строк, кроме первой). Если оказывается, что возможно несколько вариантов расширения ($n > 1$, т. е. табл. 1 имеет более одного столбца), то выбирается наиболее эффективный вариант с точки зрения абонента. Критериями эффективности могут быть стоимость продукта, быстрдействие и т. п.

Если не для всех элементов из таблицы требований найдены соответствия в профиле, то абоненту предоставляется список недостающих компонентов. Недостающими компонентами (множество I_m) являются элементы таблицы требований, не нашедшие отображения:

$$I_m = I_r \setminus \{(i_r, i_a) \mid (i_r, i_a) \notin M_a\}, i_r \in I_r, i_a \in I_a.$$

Решение об установке недостающих компонентов принимается абонентом. При исключении компонентов из существующей конфигурации вначале устанавливаются отображения между элементами онтологии, представляющими удаляемые компоненты, и соответствующими элементами из профиля абонента. Затем на основании онтологии определяется, какие элементы онтологии связаны с исключаемыми компонентами. Определение связанных элементов происходит по тем же принципам, что и в операции расширения. Компоненты, удаляемые по желанию пользователя и связанные с ними, образуют множество исключаемых компонентов I_d ($I_d \in I$). Это множество состоит из троек (i_{d1}, i_{d2}, i_{d3}) , где i_{d1} ($i_{d1} \in I_d$) – компонент, который абонент хочет исключить; i_{d2} ($i_{d2} \in I_d$) – компонент, связанный с исключаемым компонентом; i_{d3} ($i_{d3} \in I_d$) – компонент, связанный с i_{d2} .

Множество I_d проверяется на предмет того, все ли компоненты могут быть исключены. Цель проверки – определение, нет ли среди исключаемых компонентов тех, которые используются в конфигурации, которая получится

после модификации. Ограничения на исключение компонентов определяются следующим образом.

Ограничение 1. Если в онтологии существует отношение $i_{d2} r i_{d3}, r \in R$ и эквивалентное ему – в профиле, но компонент i_{d3} не входит в запрашиваемый абонентом как исключаемый, то компонент i_{d2} исключать нельзя.

Ограничение 2. Если число троек (i_{d1}, i_{d2}, i_{d3}) , в которых i_{d1} и i_{d2} соответствуют одним и тем же элементам, превышает 1, то выдается сообщение о том, что исключаемый компонент используется некоторыми связанными с ним компонентами, которые также должны быть исключены. В этом случае выбор остается за абонентом.

Операция исключения завершается удалением из профиля экземпляров концептов, соответствующих исключаемым компонентам.

Операции добавления и исключения завершаются расчетом стоимости новой конфигурации продукта ОСС для конкретного абонента.

Операция изменения не связана с пожеланиями абонентов и не затрагивает их профили. Она затрагивает изменения в свойствах продуктов и их компонентов. В качестве примера, когда используется эта операция, можно привести изменение стоимости услуги. Новая стоимость сохраняется в онтологии продукта ОСС. Так как возможные конфигурации не хранятся в онтологии, а закреплены за абонентами, расчет стоимости конфигурации не входит в операцию изменения.

В следующем разделе предлагается пример реализации подхода к конфигурированию продукта ОСС для онтологии продукта, представленной на языке OWL. В качестве операции по модификации существующей конфигурации продукта ОСС рассматривается операция расширения.

РАСШИРЕНИЕ КОНФИГУРАЦИИ ПРОДУКТА ОСС: РЕАЛИЗАЦИЯ В OWL

Предположим, что абонент (рис. 2) хочет расширить имеющуюся у него конфигурацию и добавить услугу возможности определения своего местоположения с других мобильных устройств. Спецификация пожеланий абонента состоит из концептов *услуга* и *местоположение*, операция *расширение*.

ОСС предлагает несколько вариантов реализации запрашиваемой услуги. На рис. 4 показаны две разновидности: *Локатор* и *Спутник*. *Локатор* определяет местоположение абонента при регистрации в сети. *Спутник* определяет местоположение абонента по GPS / ГЛОНАСС. Пользование услугой возможно, если на устройстве абонента установлено приложение Smart Positioning, разработанное для операционной системы Android.

Базовыми элементами языка OWL являются классы, свойства и индивиды (экземпляры классов). На рис. 4 незатененные прямоугольники соответствуют классам, затененные – индивидам. Отношения в OWL представляются унарными и бинарными предикатами. Отношения, имеющиеся на рис. 4 (родо-видовые и *использует*), представлены бинарными предикатами.

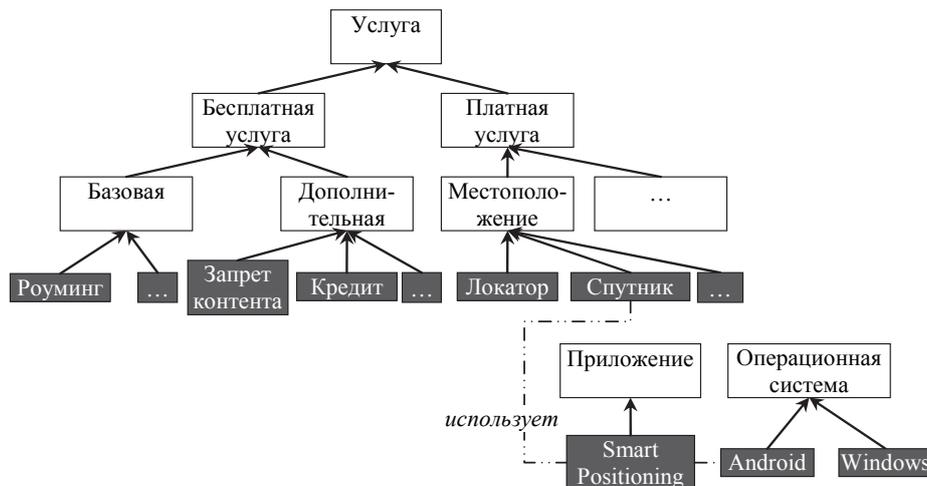


Рис. 4. Спецификация услуг OCC (пример)

Сопоставление спецификации пожеланий абонента с онтологией продуктов OCC заключается в поиске в онтологии OCC концептов *услуга* и *местоположение*, где местоположение является видом услуги. Все запросы к онтологии реализованы на языке запросов SPARQL 1.1 (Protocol and RDF Query Language) [24]. Запрос к онтологии (рис. 5) возвращает все подклассы класса *услуга*. Имеются в виду подклассы, непосредственно следующие за классом *услуга*, и подклассы этих классов вплоть до нижнего класса в таксономии. Результат выполнения запроса приведен в табл. 2. Из таблицы видно, что класс *местоположение* является подклассом класса *услуга*, т. е. разновидностью услуги.

```

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX occ: <http://www.semanticweb.org/tanya/ontologies/2016/2/ontology-39#>
SELECT ?services
WHERE {?services rdfs:subClassOf* occ:Услуга. }

```

Рис. 5. Запрос к онтологии OCC: поиск подклассов класса *услуга*

Таблица 2

**Класс *услуга*
и его подклассы**

services
Услуга
Бесплатная услуга
Базовая
Дополнительная
Платная услуга
Местоположение

Для формирования таблицы требований к абоненту со стороны ОСС запрашиваются варианты реализации услуги *местоположение*. Запрос реализует поиск индивидов класса *местоположение* (пространства имен те же, что и на рис. 5):

```
SELECT ?Местоположение
WHERE { ?Местоположение rdf:type осс:Местоположение. }
```

Результатом выполнения запроса (табл. 3) является список запрашиваемых индивидов, который представляет собой перечень способов реализации запрашиваемой услуги.

Таблица 3

**Услуга *местоположение*:
варианты реализации**

Местоположение
Спутник
Локатор

Далее, в соответствии со сценарием конфигурирования продукта ОСС, в онтологии ОСС определяются индивиды, связанные с индивидами *Спутник* и *Локатор*. Используется следующий шаблон запроса:

```
SELECT *
WHERE { осс:<Концепт> ?relation ?object.
FILTER (?relation != rdf:type)},
```

где < Концепт > – имя соответствующего индивида.

Результатами выполнения запроса для индивида *Локатор* является пустое множество, означающее, что этот индивид не связан никакими отношениями (кроме отношения принадлежности к классу) с другими классами и индивидами.

Результат выполнения запроса для индивида *Спутник* показан в табл. 4.

Таблица 4

Класс *Спутник*: отношения

relation	object
использует	SmartPositioning

Результатом следующей и последней итерации цикла запросов применительно к SmartPositioning будет отношение *использует* индивид *Android*.

Таблица требований, предъявляемых ОСС к устройству абонента, выглядит следующим образом (табл. 5).

Таблица 5

Таблица требований ОСС

Локатор	Спутник
	SmartPositioning
	Android

Сопоставление таблицы требований с профилем абонента осуществляется посредством серии запросов к профилю на предмет определения, есть ли в профиле индивиды, требующиеся для реализации запрашиваемой услуги.

Как видно из таблицы требований, услуга *Локатор* не предъявляет каких-либо требований к абоненту и может использоваться на любом мобильном устройстве. Поэтому для этого вида услуги запрос не строится.

Запрос к профилю абонента на предмет определения, есть ли у абонента приложение SmartPositioning, выглядит следующим образом:

```
SELECT ?class
WHERE { ?class ?relation ?object .
FILTER (regex(str(?class), "SmartPositioning")) }
LIMIT 1.
```

Так как запрос не вернул ни одного решения, дальнейшая проверка профиля абонента приостанавливается и абоненту предлагается подключиться к услуге *Локатор*. Если абонент хочет узнать, какие требования предъявляются к его устройству для подключения к услуге *Спутник*, то выполняется весь цикл запросов к его профилю и выводится список элементов, которые у абонента отсутствуют, но которые требуются для подключения к услуге *Спутник*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предложен подход к конфигурированию продуктов операторов сотовой связи. Подход ориентирован на использование онтологической модели продукта. Такая модель не зависит от конкретной цели конфигурирования и может быть использована для различных целей, а также предоставляет словарь проблемной области. Этот словарь позволяет легко находить соответствия между требованиями абонента и возможностями оператора сотовой связи. В работе описан верхний уровень онтологической модели продукта ОСС.

Разработан сценарий конфигурирования продукта ОСС посредством модификации существующей конфигурации. Сценарий не зависит от предметной области и способа формализации онтологии проблемной области.

Рассмотрен частный случай конфигурирования – конфигурирование продукта посредством расширения существующей конфигурации. Для рассматриваемого случая онтология продукта ОСС представлена средствами языка OWL, запросы к онтологии реализованы на языке SPARQL.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Hvam L., Mortensen N.H., Riis J.* Product customization. – Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2008. – 283 p.
2. Expert systems for configuration at Digital: XCON and beyond / V.E. Barker, D.E. O'Connor, J. Bachant, E. Soloway // *Communications of the ACM.* – 1989. – Vol. 32, N 3. – P. 298–318. – doi: 10.1145/62065.62067.
3. *Mittal S., Frayman F.* Dynamic constraint satisfaction problems // *Proceedings of the AAAI Conference.* – 1990. – P. 25–32.
4. *Xie H., Henderson P., Kernahan M.* Modelling and solving engineering product configuration problems by constraint satisfaction // *International Journal of Production Research.* – 2005. – Vol. 43, N 20. – P. 4455–4469.
5. *Wang L., Ng W.K., Song B.* Constraint satisfaction approach on product configuration with cost estimation // *Next-Generation Applied Intelligence.* – Berlin: Springer, 2009. – P. 731–740. – (Lecture Notes in Computer Science; vol. 5579).
6. Towards a general ontology of configuration / T. Soininen, J. Tiihonen, T. Männistö, R. Suilonen // *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing.* – 1998. – Vol. 12, N 4. – P. 357–372. – doi: 10.1017/S0890060498124083.
7. *Felfernig A., Friedrich G., Jannach D.* Conceptual modeling for configuration of mass-customizable products // *Artificial Intelligence in Engineering.* – 2001. – Vol. 15, N 2. – P. 165–176.
8. *Yang D., Dong M., Miao R.* Development of a product configuration system with an ontology-based approach // *Computer-Aided Design.* – 2008. – Vol. 40, iss. 8. – P. 863–878. – doi: 10.1016/j.cad.2008.05.004.
9. *Lee H.* Product configuration strategy based on product family similarity // *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering.* – 2013. – Vol. 7, N 8. – P. 1709–1713.
10. *Zhang Y., Zhang S.-S., Han S.-Q.* Adaptive service configuration approach for quality of service management in ubiquitous computing environments // *Journal of Zhejiang University SCIENCE A.* – 2009. – Vol. 9, iss. 7. – P. 964–975.
11. *Lakunza J.A., Astiazaran J.C., Elejoste M.* Service model for the service configuration // *Advances in Production Management Systems. Competitive Manufacturing for Innovative Products and Services* / ed. by C. Emmanouilidis, M. Taisch, D. Kiritsis. – Berlin; Heidelberg: Springer, 2013. – P. 430–437. – doi: 10.1007/978-3-642-40361-3_55.
12. *Aiello B., Sachs L.* Configuration management best practices. – Upper Saddle River, NJ: Addison-Wesley, 2011. – 233 p.
13. Research on product configuration knowledge representation and sharing based on ontology / W.P. Shao, Y.P. Hao, P.F. Zeng, Y.X. Liu // *Proceedings of the 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing.* – Dalian, China: IEEE, 2008. – P. 1–5. – doi: 10.1109/WiCom.2008.2577.
14. *Colace F., Santo M., Napoletano P.* Product configurator: an ontological approach // *Proceedings of the Ninth International Conference on Intelligent Systems Design and Applications, Pisa (Italy), 30 November – 2 December 2009.* – Los Alamitos, CA: IEEE, 2009. – P. 908–912. – doi: 10.1109/ISDA.2009.236.
15. *Colace F., Santo M., Greco L.* An adaptive product configurator based on slow intelligence approach // *International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies.* – 2014. – Vol. 9, N 2. – P. 128–137. – doi: 10.1504/IJMSO.2014.060340.
16. Ontology-driven requirements elicitation in product configuration systems / H. Wicaksono, V. Schubert, S. Rogalski, Y. Ait Laydi, J. Ovtcharova // *Enabling Manufacturing Competitiveness and Economic Sustainability* / ed. by H.A. ElMaraghy. – Heidelberg: Springer, 2011. – P. 63–67.
17. *Dong M., Yang D., Su L.* Ontology-based service product configuration system modeling and development // *Expert Systems with Applications.* – 2011. – Vol. 38, N 9. – P. 11770–11786.
18. OWL Web Ontology Language Overview [Electronic resource]: W3C Recommendation 10 February 2004 / ed. by D.L. McGuinness, F. Harmelen van. – Available at: <https://www.w3.org/TR/owl-features/> (accessed: 14.06.2016).
19. SPARQL 1.1 Overview [Electronic resource]: W3C Recommendation 21 March 2013 / ed. by W3C SPARQL Working Group. – Available at: <https://www.w3.org/TR/sparql11-overview/> (accessed: 14.06.2016).
20. W3C [Electronic resource]: website. – Available at: <https://www.w3.org/Consortium/> (accessed: 14.06.2016).

21. Пашкин М.П., Смирнов А.В. Использование онтологических моделей при персонализированном подборе продуктов операторов связи для абонентов // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2014. – № 3. – С. 46–53.

22. Information Framework (SID) [Electronic resource] // TM Forum: website. – Available at: <https://www.tmforum.org/information-framework-sid/> (accessed: 14.06.2016).

23. Application Framework (TAM) [Electronic resource] // TM Forum: website. – Available at: <https://www.tmforum.org/application-framework/> (accessed: 14.06.2016).

24. SPARQL 1.1 Query Language [Electronic resource]: W3C Recommendation 21 March 2013 / ed. by S. Harris, A. Seaborne. – Available at: <https://www.w3.org/TR/sparql11-query/> (accessed: 14.06.2016).

Левашова Татьяна Викторовна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук. Основные направления научных исследований: представление знаний, управление знаниями, управление контекстом. Имеет более 200 публикаций. E-mail: tatiana.levashova@iias.spb.su

Пашкин Михаил Павлович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук. Основные направления научных исследований: управление знаниями, много-агентные системы, системы групповой поддержки принятия решений. Имеет более 80 публикаций. E-mail: michaelpashkin@mail.ru

Ontology-based approach to configuring mobile operator products *

*T.V. LEVASHOVA*¹, *M.P. PASHKIN*²

¹ *St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences (SPIIRAS), 39, 14th Line, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, PhD. E-mail: tatiana.levashova@iias.spb.su*

² *St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences (SPIIRAS), 39, 14th Line, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, PhD. E-mail: michael-pashkin@mail.ru*

Product configuring is the process of product modification according to the customer requirements. For the time being, research on product configuring has reached a point of conceptual modeling. The conceptual modeling approach makes a product model independent of the final goal of the configuring process and allows this model to be adapted to the current customer needs.

The present paper proposes an ontology-based approach to product configuring. Mobile communication is chosen as a problem area and configuring of mobile operator products is taken as a task to perform. Mobile operator products are rapidly evolving and constantly improving. Maintaining their configurations at the level corresponding to modern requirements and needs of customers is an important problem.

In the paper, ontology of a mobile operator product is considered, a scenario of product configuring through modification of the existing product configuration is described, and an example of the scenario implementation is given. The product ontology is represented by top-level concepts with examples of their specimens. The scenario provides for three operations of product configuration modification, namely adding a component to the existing configuration;

* Received 26 February 2016.

The work was supported by the Russian Fond for Basic Research (grants nos. 14-07-00345, 14-07-00427, and 16-07-00375), the Presidium of the Russian Academy of Sciences (Program I.5, project 213), and the state-financed theme 0073-2014-0005.

changing component properties; and removing a component from the configuration. An example of scenario implementation has been developed for a special case, namely mobile product configuring through some extension of the existing configuration. The product ontology is presented in the language OWL, ontology is queried using SPARQL.

The proposed approach can be used for configuring mobile operator products after the development of the corresponding ontology.

Keywords: mobile operator product, ontology, configuring, product configuring scenario, configuration modification, customer requirement specification, OWL, SPARQL

DOI: 10.17212/1814-1196-2016-2-99-114

REFERENCES

1. Hvam L., Mortensen N.H., Riis J. *Product customization*. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 2008. 283 p.
2. Barker V.E., O'Connor D.E., Bachant J., Soloway E. Expert systems for configuration at Digital: XCON and beyond. *Communications of the ACM*, 1989, vol. 32, no. 3, pp. 298–318. doi: 10.1145/62065.62067
3. Mittal S., Frayman F. Dynamic constraint satisfaction problems. *Proceedings of the AAAI Conference*, 1990, pp. 25–32.
4. Xie H., Henderson P., Kernahan M. Modelling and solving engineering product configuration problems by constraint satisfaction. *International Journal of Production Research*, 2005, vol. 43, no. 20, pp. 4455–4469.
5. Wang L., Ng W.K., Song B. Constraint satisfaction approach on product configuration with cost estimation. *Next-Generation Applied Intelligence. Lecture Notes in Computer Science*. Berlin, Springer, 2009, vol. 5579, pp. 731–740.
6. Soininen T., Tiihonen J., Männistö T., Sulonen R. Towards a general ontology of configuration. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 1998, vol. 12, no. 4, pp. 357–372. doi: 10.1017/S0890060498124083
7. Felfernig A., Friedrich G., Jannach D. Conceptual modeling for configuration of mass-customizable products. *Artificial Intelligence in Engineering*, 2001, vol. 15, no. 2, pp. 165–176.
8. Yang D., Dong M., Miao R. Development of a product configuration system with an ontology-based approach. *Computer-Aided Design*, 2008, vol. 40, iss. 8, pp. 863–878. doi: 10.1016/j.cad.2008.05.004
9. Lee H. Product configuration strategy based on product family similarity. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 2013, vol. 7, no. 8, pp. 1709–1713.
10. Zhang Y., Zhang S.-S., Han S.-Q. Adaptive service configuration approach for quality of service management in ubiquitous computing environments. *Journal of Zhejiang University SCIENCE A*, 2009, vol. 9, iss. 7, pp. 964–975.
11. Lakunza J.A., Astiazaran J.C., Elejoste M. Service model for the service configuration. *Advances in production management systems. Competitive manufacturing for innovative products and services*. Ed. by C. Emmanouilidis, M. Taisch, D. Kiritsis. Berlin, Heidelberg, Springer, 2013, pp. 430–437. doi: 10.1007/978-3-642-40361-3_55
12. Aiello B., Sachs L. *Configuration management best practices*. Upper Saddle River, NJ, Addison-Wesley, 2011. 233 p.
13. Shao W.P., Hao Y.P., Zeng P.F., Liu Y.X. Research on product configuration knowledge representation and sharing based on ontology. *Proceedings of the 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*. Dalian, China, IEEE, 2008, pp. 1–5. doi: 10.1109/WiCom.2008.2577
14. Colace F., Santo M., Napoletano P. Product configurator: an ontological approach. *Proceedings of the Ninth International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*, Pisa (Italy), 30 November – 2 December 2009, pp. 908–912. doi: 10.1109/ISDA.2009.236
15. Colace F., Santo M., Greco L. An adaptive product configurator based on slow intelligence approach. *International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies*, 2014, vol. 9, no. 2, pp. 128–137. doi: [10.1504/IJMSO.2014.060340](https://doi.org/10.1504/IJMSO.2014.060340)

16. Wicaksono H., Schubert V., Rogalski S., Ait Laydi Y., Ovtcharova J. Ontology-driven requirements elicitation in product configuration systems. *Enabling manufacturing competitiveness and economic sustainability*. Ed. by H.A. ElMaraghy. Heidelberg, Springer, 2011, pp. 63–67.
17. Dong M., Yang D., Su L. Ontology-based service product configuration system modeling and development. *Expert Systems with Applications*, 2011, vol. 38, no. 9, pp. 11770–11786.
18. McGuinness D.L., Harmelen F. van, eds. *OWL Web Ontology Language Overview. W3C Recommendation 10 February 2004*. Available at: <https://www.w3.org/TR/owl-features/> (accessed 14.06.2016)
19. *SPARQL 1.1 Overview. W3C Recommendation 21 March 2013*. Available at: <https://www.w3.org/TR/sparql11-overview/> (accessed 14.06.2016)
20. *W3C: website*. Available at: <https://www.w3.org/Consortium/> (accessed 14.06.2016)
21. Pashkin M.P., Smirnov A.V. Ispol'zovanie ontologicheskikh modelei pri personifitsirovanom podbore produktov operatorov svyazi dlya abonentov [Use of ontology models for personalized selection of mobile operator products]. *Iskusstvennyi intellekt i prinyatie reshenii – Scientific and Technical Information Processing*, 2014, no. 3, pp. 46–53. (In Russian)
22. Information Framework (SID). *TM Forum: website*. Available at: <https://www.tmforum.org/information-framework-sid/> (accessed 14.06.2016)
23. Application Framework (TAM). *TM Forum: website*. Available at: <https://www.tmforum.org/application-framework/> (accessed 14.06.2016)
24. Harris S., Seaborne A., eds. *SPARQL 1.1 Query Language. W3C Recommendation 21 March 2013*. Available at: <https://www.w3.org/TR/sparql11-query/> (accessed 14.06.2016)