

УДК 004.89

ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСКРАШЕННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Каев В.Ю., Дубинин В.Н., Бычков А.С.

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия.

Аннотация. Рассматривается онтология раскрашенных сетей Петри на уровне TBox и ABox. Данная онтология разработана в системе Protégé и представлена на языке OWL.

Ключевые слова: онтология, раскрашенные сети Петри, моделирование.

Использование формальных моделей является необходимым атрибутом в проектировании большинства систем в области информатики, автоматике и вычислительной техники. Формальные модели используются для спецификации, верификации, оценки производительности, прототипирования и реализации программно-аппаратных систем, комплексов и сетей. В течение нескольких десятилетий популярным модельным формализмом являются сети Петри и их расширения, в числе которых раскрашенные сети Петри (РСП)[1]. С использованием РСП возможно моделирование дискретных систем с параллельными процессами и сложными межпроцессными взаимодействиями.

В последнее время все большее распространение получают концепция и технологии семантического Web [2]. Краеугольным камнем семантического Web являются онтологии, представляющие концептуальные модели предметных областей [3]. В данной работе предлагается OWL-онтология РСП.

Онтологическое представление РСП имеет следующие преимущества: 1) возможность «обогащения» синтаксического описания РСП семантической информацией; 2) возможность проведения семантического анализа описаний РСП; 3) возможность легкой интеграции онтологии РСП с другими онтологическими описаниями при создании комплексных моделей; 4) возможность использования онтологии РСП как основы для прототипирования и реализации распределенных систем обработки и управления в семантическом Web, включая многоагентные системы. Представление онтологии с использованием языков OWL/RDF позволяет использовать язык запросов SPARQL для выборки и модификации данных, что является необходимым условием для моделирования динамики функционирования РСП.

Ниже рассматривается описание классов и свойств разработанной онтологии. Следует отметить, что для каждого базового класса разрабатывается так называемый «семантически правильный» класс (со знаком @ в конце имени) (иными словами, класс с семантическими ограничениями) для возможности проведения семантического анализа описаний. Суть данного метода представлена в работе [4].

Онтология РСП включает следующие базовые классы: *Place* (Позиция), *Transition* (Переход), *Arc* (Дуга), *Marking* (Маркировка), *Token* (Маркер, Метка), *Pattern* (Шаблон, Кортеж переменных), *Variable* (Переменная кортежа), *Condition* (Сторожевое условие перехода). В онтологии РСП используются следующие объектные свойства: *comes_from*, *comes_to*, *has_attribute*, *has_condition*, *has_marking*, *has_pattern*, *has_token* и *has_variable*, и свойства по данным: *has_data*, *has_index* и *has_name*.

Класс *Place* описывает позиции РСП. Позиции содержат маркировку, причем только одну. Аксиома семантически правильного класса *Place@* следующая: *Place and (has_marking exactly 1 Marking)*.

Класс *Token* описывает маркеры (метки), содержащиеся в позиции в текущем состоянии сети. Семантически правильный класс *Marking@* определяется аксиомой: *Marking and (has_token some Token)*.

Каждый маркер имеет один или более атрибутов. Семантически правильный класс *Token@* определяется как: *Token and (has_attribute min 1 Attribute)*.

Поскольку атрибуты упорядочены в виде кортежа, каждый атрибут содержит данные и индекс. Индекс определяет позицию атрибута в кортеже. Аксиома для класса *Attribute@*:

Attribute and (has_data exactly 1 xsd:string)
and (has_index exactly 1 xsd:integer)

Класс *Transition* описывает переходы РСП. Каждый переход имеет условие срабатывания (класс *Condition*), притом только одно. Аксиома семантически правильного класса: *Transition and (has_condition exactly 1 Condition)*.

Условие задается в виде строки на языке SPARQL. В нем могут использоваться переменные входных дуг, константные значения и логические операторы. Это, в частности, позволяет динамически формировать запросы к онтологии для имитации функционирования РСП.

Класс *Arc* представляет дуги РСП. Каждая дуга имеет строго один шаблон. Класс *Arc@* определяется аксиомой: *Arc and (has_pattern exactly 1 Pattern)*.

Каждый шаблон содержит одну или более переменных. Класс *Pattern@* определяется как: *Pattern and (has_variable min 1 Variable)*.

Переменные в шаблоне упорядочены в кортеж. Поэтому переменная содержит имя и индекс. Индекс определяет позицию переменной в кортеже. Таким образом, правильный шаблон определяется как.

Variable and (has_name exactly 1 xsd:string)
and (has_index exactly 1 xsd:integer)

Семантически правильная дуга соединяет единственный переход с единственной позицией или единственную позицию с единственным переходом:

Arc and ((comes_from exactly 1 Place) and (comes_to exactly 1 Transition) or (comes_from exactly 1 Transition) and (comes_to exactly 1 Place))

Разработанная онтология РСП на уровне классов приведена на рисунке 1. На данном рисунке не представлены семантически правильные классы.

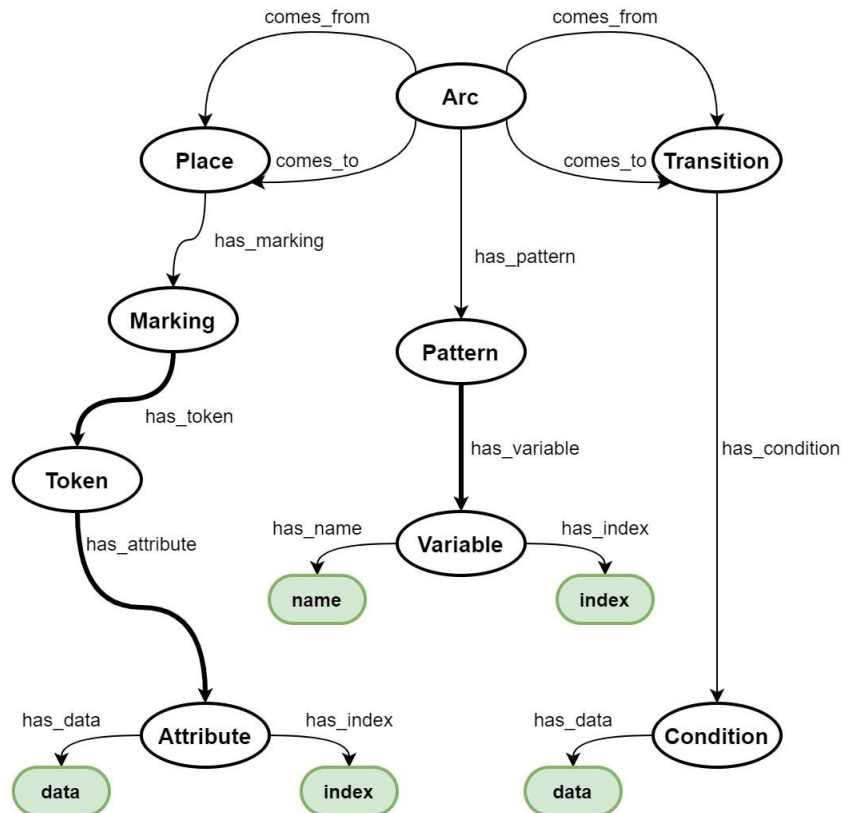


Рисунок 1 - Онтология РСП на уровне TBox

Мощность отношений в графическом представлении онтологии отображена с помощью толщины дуг графа. Классы представлены в виде овалов, а данные классов – в виде прямоугольников зеленого цвета с закругленными углами.

Создание онтологии (в формате OWL) осуществлялось в редакторе онтологий *Protégé* [5]. На рисунке 2 справа в качестве примера представлен фрагмент РСП, а слева - графическое представление онтологии этого сетевого фрагмента на уровне ABox, построенное с использованием плагина *OntoGraf*.

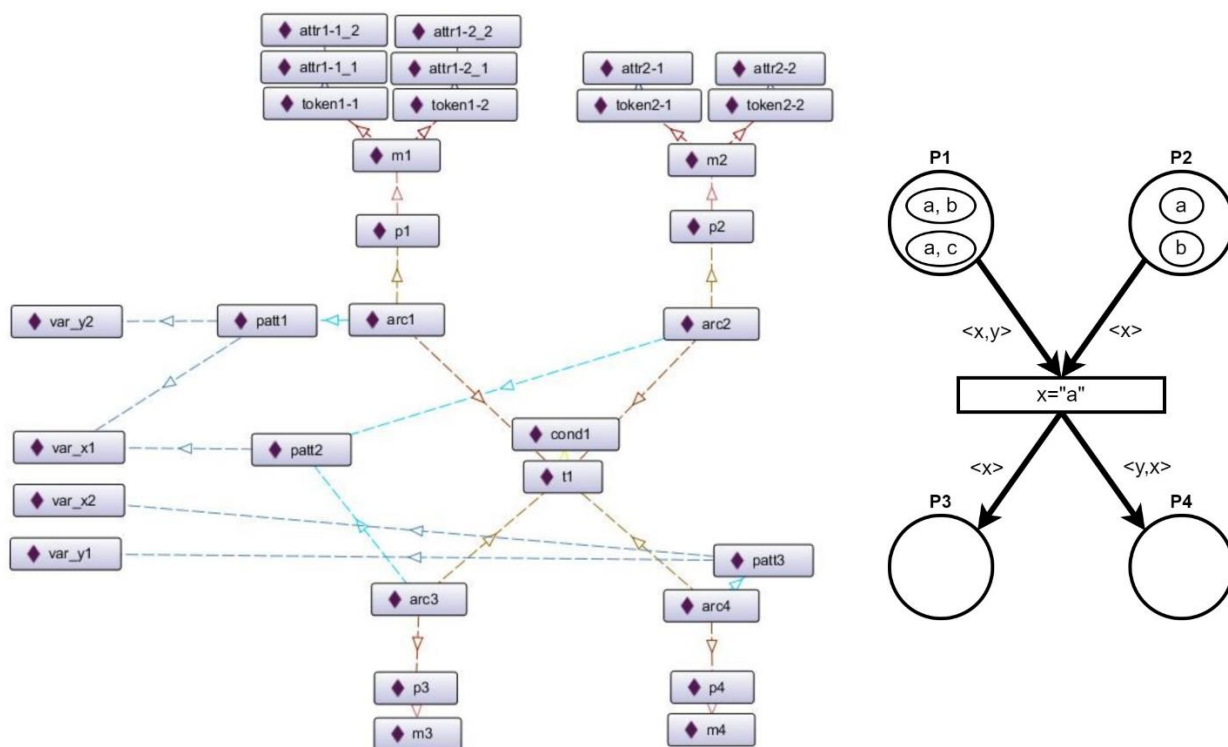


Рисунок 2 – Пример онтологии РСП на уровне ABox

Список литературы

1. Jensen K., Kristensen L.M. Coloured Petri Nets. Modelling and Validation of Concurrent Systems // Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. – 384 с.
2. Semantic Web. W3C Consortium. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.w3.org/standards/semanticweb/>.
3. Горшков С. Введение в онтологическое моделирование. – ТриниДата, 2016. – 166 с.
4. Дубинин В.Н., Вяткин В.В. Семантический анализ описаний систем управления промышленными процессами на основе стандарта ИЕС 61499 с использованием онтологий // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2010. – № 3 (15). – С. 3–15.
5. Protégé [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://protege.stanford.edu>.