



OSTIS-2016

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.822:514

СЕМАНТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СПРАВОЧНОЙ СИСТЕМЫ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРОГРАММ

Пивоварчик О.В.

*Барановичский государственный университет,
г. Барановичи, Республика Беларусь*

pivovarchyk@gmail.com

В работе проведен анализ существующих моделей пользователя и перечислены способы адаптации компьютерных систем к пользователю. Предложена семантическая модель пользователя справочной системы по проектированию программ, ориентированных на обработку баз знаний. Справочная система строится на базе технологии OSTIS.

Ключевые слова: компьютерная система, управляемая знаниями; справочная система; интеллектуальная система консультационного обслуживания и обучения; модель пользователя; база знаний.

Введение

Одним из критериев интеллектуальности компьютерной системы является возможность адаптироваться к индивидуальным особенностям пользователя. Для реализации адаптационных функций необходимо наличие в базе знаний информации, которая представляет собой совокупность параметров, характеризующих пользователя и оказывающих наибольшее влияние на процесс его взаимодействия с системой, а также соответствующих механизмов адаптации. Представление знаний о пользователе, эффективное извлечение информации, связанной с пользователем, и использование этой информации для согласованной и выразительной адаптации является критическим фактором для успеха адаптивных систем [Sosnovsky et al, 2010].

Применение адаптации в справочных и обучающих системах позволяет повысить их эффективность и улучшить процесс взаимодействия с пользователем. Основная идея адаптации в системах данного класса основана на предположении, что различие в некоторых характеристиках пользователя влияет на порядок представления учебного материала и полезность информационной обеспеченности.

Целью работы является формирование комплексной модели пользователя для справочных и обучающих систем, используемых разработчиками программ, ориентированных на обработку баз знаний. В статье перечислены адаптивные

технологии, применяемые в интеллектуальных обучающих системах, представлена классификация и основные подходы к разработке модели пользователя, представлена семантическая модель пользователя. Кроме этого, обсуждаются проблемы формирования структуры модели пользователя для различных областей, а также вопросы получения значений параметров, входящих в ее состав.

Интеллектуальная система проектируется на базе *Технологии OSTIS* (Open Semantic Technology for Intelligent Systems) [Голенков и др., 2015]. Формальные модели интеллектуальных систем, проектируемых на базе OSTIS, строятся на основе семантических сетей, что создает необходимые условия для обеспечения семантической совместимости интеллектуальных систем и их компонентов [Голенков и др., 2013].

1. Способы адаптации в интеллектуальных обучающих системах

Среди множества адаптивных систем, адаптивные образовательные системы имеют самую большую историю исследований [Sosnovsky et al, 2010] и являются наиболее разнообразными и многочисленными. Существуют различные виды способов адаптации, применяемые в системах данного класса. В работах [Weber, 1999], [Брусиловский, 2002] выделены следующие способы:

- построение последовательности курса обучения;

- интеллектуальный анализ ответов пользователя;
- интерактивная поддержка в решении задач;
- помощь в решении задач, основанная на примерах;
- адаптивное представление учебного материала;
- адаптивная поддержка в навигации по учебному пространству;
- адаптивная поддержка сотрудничества.

2. Модель пользователя как комплексный критерий адаптации

Первые модели пользователя в компьютерных системах появились в 1970-х годах в работах J. Allen, P. Cohen, C. Perrault и E. Rich [Kobsa, 2007]. В настоящее время большинство систем в той или иной мере использует информацию о пользователе. Современные исследования, проводимые в данной области, можно разделить на три класса: определение структуры и основных характеристик пользователя, которые требуется включать в систему для адаптации; способы построения модели пользователя; методы и средства представления характеристик пользователя.

2.1. Структура и основные характеристики модели пользователя

Существует множество схем, которые содержат большое количество характеристик для использования в составе модели пользователя [Голенков и др., 2001]. В работах [Gavrilova et al, 1997], [Голенков и др., 2001], [Brusilovsky et al, 2007] выделены основные группы характеристик пользователя, используемые для применения в адаптивных интеллектуальных системах. Приведем обобщенные группы:

- демографические показатели;
- индивидуальные психологические характеристики;
- психомоторные характеристики;
- когнитивные показатели;
- мотивация;
- подготовленность к работе с системой;
- характеристики взаимодействия с системой.

При разработке каждой конкретной системы состав характеристик пользователя изменяется. В интеллектуальных справочных и обучающих системах модель пользователя традиционно включает:

- когнитивные и психологические характеристики;
- группы значений, характеризующих цели и задачи, подготовленность;
- значения параметров, описывающих процесс взаимодействия с системой.

2.2. Способы построения модели пользователя

На основании анализа работ [Brusilovsky, 2007], [Sosnovsky et al, 2010], [Валькман и др., 2011] можно выделить следующую классификацию существующих моделей пользователя:

- По способу представления знаний:
 - *декларативные* – содержат информацию о знаниях пользователя. Разбиваются на следующие подклассы:
 - стереотипные;
 - оверлейные;
 - генетический граф;
 - на основании байесовских сетей.
 - *процедурные* – содержат информацию о знаниях предметной области и механизмы решения задач. Разбиваются на следующие подклассы:
 - пертурбационные;
 - модели ограничений.
- По способу извлечения знаний:
 - *явные* – система явным образом запрашивает информацию, необходимую для создания и обновления модели;
 - *неявные* – система неявно формирует модель в процессе наблюдений за взаимодействием пользователя с системой.
- По способу построения:
 - построение модели в процессе *тестирования пользователя*;
 - формирование в процессе *наблюдений за взаимодействием пользователя с системой*.
- По степени специализации:
 - *общие* – система предполагает одну общую модель для однородной группы пользователей системы;
 - *индивидуальные* – используются индивидуальные особенности каждого пользователя.
- По времени существования:
 - *долгосрочные* – сохраняют информацию на протяжении жизненного цикла системы;
 - *краткосрочные* – сохраняют информацию в пределах одного сеанса работы системы.

Классическими подходами к построению модели пользователя являются *оверлейная* и *стереотипная* модели.

Стереотипная модель применяется в системах, где возможно идентифицировать типичные категории пользователей, которые используют систему по одному пути, с одинаковыми результатами и которые можно описать одним множеством характеристик. Каждая такая категория называется стереотипом и описывается с помощью профиля стереотипа. Пользователь характеризуется

определенным стереотипом или комбинацией нескольких ортогональных стереотипов и обновляется в соответствии с профилем стереотипа. Часто стереотипы формируют иерархию, где стереотип более высокого уровня наследует свойства стереотипа более низкого уровня. Стереотипные модели используются в системах для быстрой, но менее точной оценки пользователя. Популярным путем моделирования пользователей на основе стереотипов является линейное множество категорий для представления типичного уровня умений пользователя.

Более точной моделью пользователя является оверлейная модель. Главная идея данного подхода – представление предметной области в виде элементарных компонентов и использование их для представления знаний или интересов и предпочтений пользователя. В работах встречаются различные названия компонентов: элементы знаний, результаты знаний, концепты, понятия и др. Понятия являются атомарными элементами декларативного представления предметной области, семантически полными и взаимосвязанными.

Простейшим вариантом оверлейной модели пользователя является *векторная модель* [Валькман и др., 2011]. Векторная модель пользователя использует модель предметной области или модель эксперта, сформированную на основании модели предметной области, как эталон знаний и состоит из множества пар понятие-значение, где значение представляет оценку знаний пользователя связанного понятия. Каждому изучаемому понятию ставится в соответствие элемент, принимающий значение «знает/не знает» или значения по определенной дискретной шкале. Значение может быть проинтерпретировано как оценка или как вероятность. Более гибким вариантом является *сетевая модель*. В отличие от предыдущей модели, в ней предметная область представлена в виде понятий и отношений между ними.

К преимуществам оверлейной модели можно отнести точность и гибкость. Выделение элементарных понятий позволяет системам настраивать свои действия на очень детальный уровень представления пользователя. Также она позволяет отражать точную динамику эволюции характеристик пользователя (очень важно в обучающих системах). Недостатком модели является сложность реализации для некоторых предметных областей.

Генетический граф является расширением сетевой модели. В дополнение к ней он содержит различные обобщения, конкретизации, аналогии, уточнения, отклонения от правил, применяемых экспертом [Валькман и др., 2011]. На основании этих данных модель позволяет описать возможные пути развития пользователя.

Байесовские сети очень популярный формализм для представления различных аспектов моделирования пользователя [Sosnovsky et al.,

2010]. Большинство систем используют их, чтобы моделировать отношения между разными компонентами модели, например, эмоциями, целями, знаниями.

В *пертурбационных моделях* фиксируется множество ошибок и ошибочных элементарных операций пользователя. Основой пертурбационных моделей является идентификация причин расхождения знаний эксперта и пользователя. Среди таких причин могут быть: недостаток знаний у пользователя, неправильное применение знаний, ошибки невнимательности или умышленные ошибки [Валькман и др., 2011].

Модели пользователя, *основанные на ограничениях*, успешно используются для моделирования знаний пользователей в интеллектуальных обучающих системах. В данном подходе каждое ограничение представляет подходящее множество состояний эквивалентных возможным проблемам, ошибкам пользователя. Нарушение ограничения говорит об ошибке.

В современных исследованиях популярным способом является построение модели пользователя с точки зрения их взаимоотношений с другими пользователями. Модель сотрудничества пользователя реализуется на основе вектора оценок знаний других пользователей, что повышает мотивацию пользователя к обучению и заинтересованность системой.

Система адаптируется к пользователю по определенному набору характеристик, представленных одним из вышеперечисленных способов. Например, адаптивное представление и реализация простой последовательности курса могут быть основаны на стереотипной модели пользователя. Поддержка адаптивной навигации и динамические виды последовательности курса используют как минимум оверлейную модель пользователя. Самые сложные адаптационные техники: интеллектуальный анализ ответов, интерактивная поддержка в решении задач, помощь в решении задач, основанная на примерах – требуют более развитых средств и методов представления модели пользователя.

3. SC-модель пользователя интеллектуальной системы

Консультационная система обслуживания и обучения разработчиков программ является *компьютерной системой, управляемой знаниями*, построенной по *Технологии OSTIS* [Голенков, 2015] – *ostis-системой*. Она обладает функциональностью справочных и обучающих систем. SC-модель системы представлена в работе [Пивоварчик, 2015]. В статье рассмотрим один из компонентов системы – модель пользователя.

Пользователем интеллектуальной системы консультационного обслуживания и обучения может быть *физическое лицо* или другая *компьютерная*

система. По отношению к разрабатываемой системе они являются *внешними субъектами ostis-системы*, с которыми осуществляется *взаимодействие*. Типология субъектов деятельности представлена в [Шункевич и др., 2016]. В данной работе в качестве конечного пользователя *ostis-систем* данного класса рассматривается только физическое лицо. Далее планируется развитие модели пользователя для хранения информации о других видах субъектов и для взаимодействия с любыми техническими системами.

Модель пользователя представляет собой компонент *OSTIS*, следовательно, она является компьютерной системой, управляемой знаниями. В соответствии с общей *sc-моделью компьютерной системы* [Давыденко и др., 2016] представим *sc-модель пользователя*:

sc-модель конечного пользователя компьютерной системы консультационного обслуживания и обучения

= *sc-модель конечного пользователя ostis-системы консультационного обслуживания и обучения*

= *sc-модель физического лица*

<= базовая декомпозиция*:

- {
- *sc-модель базы знаний пользователя*
- *sc-модель машины обработки знаний пользователя*
- *sc-модель интерфейса модели пользователя*
- }

Структура *sc-модели базы знаний пользователя* строится в соответствии с универсальной структурой, представленной в работе [Давыденко, 2016]. Рассмотрим *предметную часть базы знаний*, которая содержит всю информацию о *Предметной области конечного пользователя компьютерной системы консультационного обслуживания и обучения*.

Предметная область конечного пользователя компьютерной системы консультационного обслуживания и обучения

= *Предметная область характеристик конечного пользователя ostis-системы консультационного обслуживания и обучения*

= *Предметная область характеристик физического лица*

=> частная предметная область*:

- *Предметная область характеристик, не зависящих от учебного материала*
=> частная предметная область*:
- *Предметная область персональных данных пользователя*
- *Предметная область демографических показателей пользователя*
- *Предметная область когнитивных показателей пользователя*
- *Предметная область психомоторных характеристик пользователя*
- *Предметная область индивидуальных психологических характеристик*

- *Предметная область лингвистических характеристик пользователя*
- *Предметная область характеристик, зависящих от учебного материала*
=> частная предметная область*:
- *Предметная область знаний пользователя*
- *Предметная область умений пользователя*
- *Предметная область интересов и предпочтений пользователя*
- *Предметная область целей и задач пользователя*
- *Предметная область характеристик взаимодействия пользователя с системой*
- *Предметная область деятельности пользователя*
- *Предметная область ситуаций деятельности и способы их решения, в том числе типовые задачи и функции, затруднения и типичные ошибки*
- *Предметная область квалификации пользователя*

Раздел *характеристики, не зависящие от учебного материала*, содержит информацию, характеризующую пользователя как личность. Эта информация либо не изменяется вообще, либо изменяется в большом промежутке времени. Заполнение данного раздела знаниями о конкретном пользователе производится частично посредством диалога с пользователем, а частично посредством специализированных психологических тестов. Данный компонент может использоваться различными компьютерными системами, в том числе, не являющимися консультационными и/или обучающими.

Набор используемых характеристик определяется разработчиками каждой конкретной системы. Для системы консультационного обслуживания и обучения разработчиков программ учитываются *когнитивные показатели, психомоторные характеристики, индивидуальные психологические характеристики*. Совокупность этих качеств обеспечивает более успешное выполнение задач, возникающих в обучающей среде, а также самообучение и саморазвитие.

Раздел *характеристики, зависящие от учебного материала*, содержит информацию, отражающую степень владения знаниями из соответствующих предметных областей. Заполнение данного раздела знаниями о конкретном пользователе производится либо на основании тестирования, либо неявно в процессе взаимодействия с системой. Для представления знаний данного раздела используется *оверлейная модель*, которая описывает знания как подмножество *эталонных моделей предметных областей* в рамках обучающего курса.

Раздел *квалификация пользователя* содержит информацию о степени подготовленности пользователя. Раздел может использоваться

системами разных классов. Данный раздел содержит информацию:

- О квалификации пользователя до начала работы с системой. Заполняется пользователем. Является статическим.
- О квалификации пользователя, приобретенной в процессе работы с системой. Формируется на основании раздела характеристики, зависящие от учебного материала, и отражает результат обучения. Является динамическим.

Описание объектов в рамках предметных областей отражается различными типами онтологий [Шункевич и др., 2015]. Рассмотрим на примере *Предметная область знаний пользователя*.

Предметная область знаний пользователя

∈ предметная область и ее онтологии

<= декомпозиция раздела*:

- {
- *Предметная область знаний пользователя*
- *Структурная спецификация предметной области знаний пользователя*
- *Терминологическая онтология предметной области знаний пользователя*
- *Теоретико-множественная онтология предметной области знаний пользователя*
- *Теоретико-множественная онтология предметной области знаний пользователя*
- *Логическая онтология предметной области знаний пользователя*
- *Логическая иерархия высказываний о предметной области знаний пользователя*
- *Онтология задач и решений задач предметной области знаний пользователя*
- *Онтология классов задач и способов решения задач в предметной области знаний пользователя*
- }

Рассмотрим фрагмент базы знаний *Структурная спецификация предметной области знаний пользователя*.

Предметная область знаний пользователя

=> sc-онтология*:

Структурная спецификация предметной области знаний пользователя

=[

Предметная область знаний пользователя

≡ не максимальный класс объектов исследования':

≡ исследуемое отношение':

- *изученный учебный материал**
- *изучаемый учебный материал**
- *известный учебный материал**
- *выведенный учебный материал**
- *решенная задача**
- *решаемая задача**

]

Рассмотрим пример реализации адаптивной

технологии построение последовательности курса обучения на основании фрагмента базы знаний *Предметная область знаний пользователя*. Sc-элемент знаний предметной области может связываться с пользователем одним из следующих отношений:

- *изученный учебный материал**, если пользователь успешно выполнил достаточное количество тестов или заданий или изучил достаточно примеров;
- *изучаемый учебный материал**, если пользователь начал изучение, но не выполнял тесты или задания;
- *изучен весь учебный материал в составе**, если в первое множество входят все его подразделы (в случае, если элементом знаний является раздел) или ключевые элементы раздела или подраздела;
- *известный учебный материал**, если пользователь отметил, что знает элемент знаний, но элемент не входит в первое или третье множество.

Ассиметричное отношение нефиксированной арности *сценарий обучения** связывает пользователя с последовательностью обучения. Кортеж отношения связывает пользователя, обучающий курс, статический сценарий и/или динамический сценарий обучения под атрибутами *статический'*, *динамический'* [Пивоварчик, 2015]. Последовательность состоит из разделов и подразделов обучающего курса, формируется согласно целям обучения и доступным режимам взаимодействия, содержит рекомендации на основании уровня знаний пользователя. Примеры рекомендаций для разделов/подразделов в зависимости от состояния их или входящих в них других sc-элементов знаний предметной области. Они включаются в последовательность с установкой ролевых отношений:

- *предлагается для изучения'*, если элемент не входит ни в одно из предыдущих множеств, но все предварительные условия для изучения выполнены;
- *готов для изучения'*, если элемент не входит в первое, второе и третье множество, но все предварительные условия для изучения выполнены;
- *не готов для изучения'*, если элемент не входит в первое, второе и третье множество и не выполнены все предварительные условия для изучения.

SC-модель машины обработки знаний пользователя состоит из множества агентов, обеспечивающих формирование, модификацию, мониторинг и анализ деятельности пользователя на предмет соответствия действия или множества действий предыдущим ошибкам, типичным ошибкам пользователей и др., а также на предмет возникновения некоторых критических ситуаций.

SC-модель интерфейса модели пользователя включает компоненты, которые обеспечивают взаимодействие с пользователями, а также обмен знаниями о пользователе с другими компонентами.

Заклучение

Представленная в статье модель пользователя разрабатывается как компонент компьютерной системы, управляемой знаниями, построенной на основе Технологии OSTIS, что позволяет ее легко интегрировать в другие смежные системы. Включение компонента в системы обучения позволяет автоматически настраивать характер адаптации к учебному материалу и не требует значительных затрат времени на реализацию адаптивных параметров интерфейса.

Предложенная модель содержит большое количество характеристик, позволяет вносить изменения в них и предоставляет возможность задействовать только необходимые.

Библиографический список

- [Sosnovsky et al., 2010] Sosnovsky, S. Ontological technologies for user modeling / S. Sosnovsky, D. Dicheva // International J. of Metadata, Semantics and Ontologies. – 2010. – Vol. 5, № 1. – P. 32–71.
- [Голенков и др., 2015] Голенков, В.В. Семантическая технология компонентного проектирования систем, управляемых знаниями / В.В. Голенков, Н.А. Гулякина // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS 2015) : материалы V Междунар. научно-техн. конф., Минск, 19–21 февр. 2015 г. / БГУИР ; редкол.: В.В. Голенков [и др.]. – Минск, 2015. – С. 57–78.
- [Голенков и др., 2013] Голенков, В. В. Открытый проект, направленный на создание технологии компонентного проектирования интеллектуальных систем / В.В. Голенков, Н. А. Гулякина // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS 2013) : материалы III Междунар. научно-техн. конф., Минск, 21–23 февр. 2015 г. / БГУИР ; редкол.: В.В. Голенков [и др.]. – Минск, 2013. – С. 55–78.
- [Weber, 1999] Weber, G. Adaptive Learning Systems in the World Wide Web / G. Weber // UM99 – User Modeling ; Proceedings of the Seventh International Conference, Banff, Canada, June 20 - 24, 1999 / CISM International Centre for Mechanical Sciences ; ed. J. Kay. – Banff, 1999. – P. 371–378.
- [Брусиловский, 2002] Брусиловский, П.Л. Адаптивные и интеллектуальные технологии в сетевом обучении / П.Л. Брусиловский // Новости искусственного интеллекта. – 2002. – № 5. – С. 25–31.
- [Kobsa, 2007] Kobsa, A. Generic User Modeling Systems / A. Kobsa // The Adaptive Web : methods and strategies of web personalization / Eds P. Brusilovsky, A. Kobsa, W. Nejdl. — Berlin : Springer-Verlag Berlin Heidelberg. — P. 136–154.
- [Голенков и др., 2001] Голенков, В.В. Интеллектуальные обучающие системы и виртуальные учебные организации. Монография / В.В. Голенков [и др.] ; под ред. В.В. Голенкова. – Минск : БГУИР, 2001. – 488 с.
- [Gavrilova et al., 1997] Gavrilova, T. An Approach to Mapping of User Model to Corresponding Interface Parameters / T. Gavrilova, A. Voinov // UM97 – User Modeling ; Proceedings of the Workshop «Embedding User Models in Intelligent Applications» on 6th International conference on User Modeling. – Chia Laguna, Sardinia, 1997. – P. 24–30.
- [Brusilovsky et al., 2007] Brusilovsky, P. User Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems / P. Brusilovsky, E. Millan // The Adaptive Web : methods and strategies of web personalization / Eds P. Brusilovsky, A. Kobsa, W. Nejdl. – Berlin : Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – P. 3–53.
- [Валькман, 2011] Валькман, Ю. Р. Сравнительный анализ моделей знаний обучаемого в интеллектуальных обучающих системах / Ю.Р. Валькман, А.В. Скляр // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України. – 2011. – Вип. 59. – С. 74–86.
- [Шункевич и др., 2016] Шункевич, Д.В. Формальное семантическое описание целенаправленной деятельности различного вида субъектов. / Д.В. Шункевич // Открытые

семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS 2016) : материалы VI Междунар. научно-техн. конф., Минск, 18–21 февр. 2016 г. / БГУИР ; редкол.: В.В. Голенков [и др.]. – Минск, 2016.

[Давыденко, 2016] Давыденко, И.Т. Структура баз знаний систем, управляемых знаниями, и средства их разработки. / И.Т. Давыденко [и др.] // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS 2016) : материалы VI Междунар. научно-техн. конф., Минск, 18–21 февр. 2016 г. / БГУИР ; редкол.: В.В. Голенков [и др.]. – Минск, 2016.

[Пивоварчик, 2015] Пивоварчик, О. В. Компонентная архитектура интеллектуальной системы консультационного обслуживания и обучения разработчиков программ / О. В. Пивоварчик // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS 2015) : материалы V Междунар. научно-техн. конф., Минск, 19–21 февр. 2015 г. / БГУИР ; редкол.: В.В. Голенков [и др.]. – Минск, 2015.

[Шункевич и др., 2015] Шункевич, Д. В. Методика компонентного проектирования систем, управляемых знаниями / Д. В. Шункевич, [и др.] // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS 2015) : материалы V Междунар. научно-техн. конф., Минск, 19–21 февр. 2015 г. / БГУИР ; редкол.: В.В. Голенков [и др.]. – Минск, 2015. – с. 93–110.

SEMANTIC USER MODEL OF INTELLECTUAL REFERENCE SYSTEM OF THE PROGRAM DESIGN

Pivovarchyk O.

*Baranovich State University,
Baranovich, Belarus
pivovarchyk@gmail.com*

The paper considers the review of the adaptive techniques to provide user adaptation for computer systems and the existing user models. It presents a semantic user model of intellectual reference system of software developers which is developed on the basis of Technology OSTIS.

Introduction

One of the criteria of intellectuality of the computer system is able to adapt to the individual needs of the user. The goal of this work is to develop the user model for intelligent systems of consultation providing and training of software developers. The system has a functionality of reference and training systems.

Main Part

The user model is a component of intelligent systems of consultation providing and training of software developers which is developed on the basis of Technology OSTIS. In accordance with the general scheme of computer systems developed on the basis of Technology OSTIS the user model includes a knowledge base, a knowledge processing machine and interface.

Conclusion

The inclusion the user model as a component in a training system allows to adjust adaptation to the educational material and does not require significant time for implementation of adaptive parameters of the interface.